

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Anna Moravcová

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

MĚŘENÍ NA
ELEKTROKARDIOGRAFICKÝCH
TESTERECH

Measurement on Electrocardiographical Testers

Ostrava, květen, 2010

Anna Moravcová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

.....

Anna Moravcová

Datum odevzdání diplomové práce: 7. 5. 2010

Abstrakt

Tato práce pojednává o měření a popisu funkčnosti elektrokardiografických přístrojů a stanovení testů funkčnosti a bezpečnosti jejich provozu. K tomuto účelu byl použit tester firmy Fluke společně se softwarem pro tvorbu a sestavení testovacího protokolu, přičemž tyto testy byly provedeny na přístrojích ve fakultní nemocnici Ostrava.

Klíčová slova

EKG, elektrokardiograf, elektrokardiogram, arytmie, tester, Fluke, Ansur

Abstrakt

This work is about the measurement and the description of functionality of electrocardiographic device and about laying down test of functionality and safety of their operation. For this purpose was used a tester from Fluke company together with a software Ansur for composition and creation of a test protocol, while these tests were done on the devices of teaching hospital Ostrava.

Key words

ECG, electrocardiograph, electrocardiogram, arrhythmia, tester, Fluke, Ansur

Seznam použitých symbolů a zkratk

EKG	(Elektrokardiograf) je standardní neinvazivní metodou funkčního vyšetření elektrické aktivity myokardu.
EU	(Evropská unie) je politická a ekonomická unie, kterou od posledního rozšíření v roce 2007 tvoří 27 evropských států s téměř 500 miliony obyvatel (přibližně 7,5 % světové populace).
SÚKL	(Státní ústav pro kontrolu léčiv) je česká státní instituce, jejímž úkolem je dohlížet na to, aby se v České republice používaly pouze jakostní, bezpečné a účinné léky, jakož i funkční a bezpečné zdravotnické pomůcky respektive prostředky zdravotní techniky (PZT).
USB	(Universal Serial Bus) je univerzální sériová sběrnice. Moderní způsob připojení periférií k počítači.
PC	(Personal komputer - osobní počítač) je označení pro počítač určený pro použití jednotlivcem (na rozdíl od dřívějších střediskových počítačů resp. sálových počítačů).
LCD	Displej z tekutých krystalů (anglicky Liquid crystal display, zkratkou LCD) je tenké a ploché zobrazovací zařízení skládající se z omezeného (velikostí monitoru) počtu barevných nebo monochromatických pixelů seřazených před zdrojem světla nebo reflektorem. Vyžaduje poměrně malé množství elektrické energie; je proto vhodné pro použití v přístrojích běžících na baterie.
RS-232	(také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn., že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jediném vodiči, podobně jako u síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB.
ČSN	Česká státní norma
BPM	(Beats per minute) je zkratkou pro úderů za minutu a označuje exaktně tempo (rychlost) srdeční.
SQL	(Někdy vyslovováno anglicky es-kjů-el [ɛs kjuː ɛl] IPA, někdy též síkvl [si:kwəl] IPA) je standardizovaný dotazovací jazyk používaný pro práci s daty v relačních databázích. SQL je zkratka anglických slov Structured Query Language (strukturovaný dotazovací jazyk).

Obsah

1. Úvod	1
2. Úvod do elektrokardiografie.....	2
2.1 Historie elektrokardiografie.....	2
2.2 Elektrokardiograf.....	4
2.2.1 Obvody elektrokardiografu.....	5
2.2.2 Technické požadavky na elektrokardiograf.....	6
2.3 Elektrokardiogram	8
2.3.1 Vznik elektrokardiografické křivky.....	9
2.4 Funkce současných elektrokardiografů a jejich praktické příklady	10
3. Testery EKG	14
3.1 Využití EKG testerů v praxi	14
3.2 Praktické příklady a vlastnosti testerů EKG.....	14
3.2.1 Fluke Esa 620	14
3.2.2 Fluke Impulse 7000 DP	16
4. Návrh testovacích procedur	21
4.1 Výsledky testů	24
5. Návrh a realizace měřícího řetězce	47
5.1 Návrh měřícího řetězce.....	47
5.2 Realizace měřícího řetězce	48
6. Vytváření testů v programu Ansur	49
7. Testování elektrokardiografických přístrojů.....	53
7.1 Testování na přístroji ESAOTE P 80 POWER	53
7.2 Testování na přístroji HP M1772A	54
7.3 Výstupy.....	55
8. Závěr	70

1. Úvod

Kvalita poskytovaných služeb ve zdravotnictví je v dnešní době jedním z významných témat. Je závislá nejen na kvalitě personálu a organizaci systému, ale také na technických prostředcích a jejich stavu, který je umožní využívat optimálně a hlavně bezpečně. Starost o technické prostředky je řízena především zákonem 123/2000 sb., jeho novelami, souvisejícími vyhláškami a nařízeními vlády.

Význam těchto předpisů vzrostl po vstupu České republiky do EU. Zdravotnické prostředky jsou ty prostředky, jež ovlivňují kvalitu poskytovaných služeb. Velkou část těchto zdravotnických přístrojů využívá elektrických či elektronických systému ke zjišťování či ovlivňování stavu pacienta.

Jako každá věc kolem nás i zdravotnické prostředky mění v průběhu času svůj stav. Mohou se na příklad porouchat nebo na první pohled pro uživatele neviditelně změnit své vlastnosti. Z tohoto důvodu je podle zákona 123/2000 sb. nutné provádět pravidelné bezpečnostně technické kontroly, nikoliv pouze opravy. Tyto kontroly mohou provádět zdravotnická zařízení s potřebným technickým vybavením nebo specializované firmy, to vše pod kontrolou státního orgánu – SÚKL. Ruku v ruce se zvyšujícími se požadavky na kvalitu poskytované zdravotní péče ve světě i u nás jde tlak na nutnost stále podrobnější evidence. Na kartu pacienta se pak musí zapisovat nejen provedené výkony a použítá zařízení, ale také informace o provedených zkouškách na těchto zařízeních z důvodu lepší prokazatelnosti sporných případů. Výše zmíněné bezpečnostně technické kontroly lze jednoduše rozdělit na dvě části, na kontroly elektrické bezpečnosti, jež jsou poměrně známé a provádějí se, avšak ne vždy s vhodným vybavením měřících a kontrolních přístrojů. Druhou částí pak jsou kontroly funkčnosti jednotlivých zdravotnických prostředků. Zde bývá situace mnohem horší, a to vzhledem k přístrojovému vybavení tak znalosti personálu.

Tato práce si dává za úkol shrnout informace o elektrokardiogramech a jejich funkcích měření, seznámit čtenáře s testery bezpečnosti a nakonec prakticky ukázat, jakým způsobem lze provést funkční zkoušku bezpečnosti na konkrétních elektrokardiografických přístrojích. K tomuto účelu byl využit přístroj firmy Biomedical Impulse 6000/7000DP a dále i doprovodný software, Ansur, jenž umožňuje dálkovou komunikaci s testerem přes USB spojení s PC.

Ve druhé kapitole bude čtenář seznámen s elektrokardiografií, principem jejich funkčnosti a také zde bude popsán elektrokardiogram. Nakonec zde uvedu i několik příkladů konkrétních elektrokardiogramů.

Kapitola nazvaná Testery EKG stručně uvede a popíše dva přístroje firmy Biomedical speciálně určené pro uskutečnění měření elektrické a funkční bezpečnosti.

V následujících kapitolách pak bude navržen měřicí řetězec, popsána a obrázkově zdokumentována jak zkušební měření, tak měření na elektrokardiogramech v nemocnici s výsledným protokolem, který je přílohou této práce.

2. Úvod do elektrokardiografie

Elektrokardiograf je v podstatě citlivý galvanometr, který je schopen snímat nepatrné potenciály, vznikající při srdeční činnosti. Vlastní detekce elektrické srdeční aktivity z povrchu těla se provádí jednak pomocí bipolárních svodů, které snímají rozdíl potenciálů mezi dvěma místy (elektrodami), jednak unipolárních, detekujících potenciál v místě přiložení.

2.1 Historie elektrokardiografie

- **1887** – A. D. Waller změřil (registroval) EKG s použitím kapilárního elektrometru.
- **1895** – Dánský fyziolog Willem Einthoven použil vylepšený elektrometr a opravný aritmetický vztah nezávisle na Burchovi. Rozlišil celkem pět vln označovaných jako P, Q, R, S a T.
- **1902** – Willem Einthoven vyvinul nový galvanometr pro vytváření elektrokardiogramů. Při jeho výrobě použil jemné křemenné vlákno pokovené stříbrem a vycházel z myšlenek Depreze a d'Arsonvala (kteří použily cívku s vodivým drátem). Jeho "vláknový galvanometr" vážil 600 liber. Einthoven později uvedl, že k vývoji jeho přístroje přispěl také Clement Ader, díky němuž byl přístroj v roce 1909 více než tisíckrát citlivější.
- **1903** – Willem Einthoven zdokonalil komerční galvanometr používaný v telegrafii a s jeho pomocí registroval srdeční aktivitu.
- **1906** – registrace EKG s použitím strunového galvanometru
- **1906** – L. Aschoff spolu s S. Tawarou měří akční elektrické proudy v myokardu
- **1906** – první přímé měření fetálního elektrokardiogramu
- **1907** – A. Keith popsal aktivitu uzlíků myokardu
- **1909** – R. H. Kahn navrhl registrovat zvětšené unipolární kardiopotenciály
- **1911** – u firmy Siemens a Halske vyrobili první komerční elektrokardiograf
- **1912** – Dánský fyziolog Willem Einthoven přednášel v Klinické společnosti v Londýně (Chelsea Clinical Society). Popsal rovnostranný trojúhelník s označením vrcholů I, II a III, později nazývaný Einthovenův trojúhelník. V jeho článku se zřejmě poprvé objevila dnes běžná zkratka "EKG".
- **1913** – prof. Prusík přivezl z Paříže do Prahy elektrokardiograf
- **1923** – zavedeny systolické časové intervaly
- **1924** – W. Einthoven obdržel Nobelovu cenu
- **1931** – Dr. Albert Hyman patentoval první "umělý srdeční pacemaker", který stimuloval srdeční puls použitím hrudní sondy. Jeho cílem bylo vyrobit dostatečně malé zařízení, aby se vešlo do brašny lékaře a stimulovalo pravou atriální oblast srdce. Jeho původní přístroj byl napájen induktorem na kliku. Od 1. března 1932 byl pacemaker použit 43 krát s úspěšností ve 14 případech.
- **1934** – Propojením vodičů pravé paže, levé paže a levé nohy rezistory o odporu 5000 Ohmů Frank Wilson definoval "neutrální elektrodu", později nazvanou "Wilsonovým ústředním zakončením". Tato společná elektroda funguje jako uzemnění a je připojena k zápornému pólu elektrokardiografu. Elektroda připojena ke kladnému pólu se pak stává

"unipolární" a může být umístěna kdekoli na těle. Wilson definoval unipolární hlavní větve elektrod VR, VL a VF, kde 'V' označuje napětí.

- **1936** – hrudní svody (W.H. Brown)
- **1939** – vektorkardiografie, smyčka QRS (Schellong)
- **1942** – Emanuel Goldberger zvětšil napětí Wilsonových unipolárních elektrod o 50 % a vytvořil zesílené elektrody hlavních větví aVR, aVL a aVF. Pokud přidáme tři Einthovenovy hlavní větve a šest hrudních elektrod, dostaneme elektrokardiogram s 12 elektrodami, který se používá dnes (I-II-III-aVR-aVL-aVF, V1-V2-V3-V4-V5-V6).
- **1949** - Montanský lékař Normann Jeff Holter vyvinul 75 liber těžký přístroj, který zaznamenával elektrokardiogram a byl schopen vysílat přijatý signál. Holterův monitor měl menší velikost než předchozí přístroje a bylo ho možno spojit s magnetofonovým nebo digitálním záznamem.
- **1956** – Laufberger a Sova: spaciokardiograf
- **1960** – první experimenty s mapováním izopotenciálů na hrudníku
- **1978** – jícnová elektrokardiografie
- **1978** – první pozátěžová mapa izopotenciálů
- **1978** – první invazivní telemetrie fetálního EKG
- **1992** – Pedro Brugada a Joseph Brugada z Barcelony publikovali sérii osmi náhlých úmrtí zdánlivě zdravých lidí. Brugadův syndrom je zřejmě příčinou 4 až 12 procent náhlých úmrtí a je nejběžnější příčinou náhlé srdeční smrti u lidí ve věku pod 50 let v Jižní Asii. Technologie elektrokardiogramu, která je více než 100 let stará, tedy může stále přinášet nové klinické objevy.
- **1992** – R.J. Cohen a B. He popsali novou neinvazivní metodu pro přesné mapování elektrické aktivity srdce použitím povrchové Laplaceovy mapy elektrických potenciálů na povrchu těla.
- **1993** – Profesor traumatologie Robert Zolenski z Wayne State University v Detroitu a jeho kolegové publikovali významný článek o klinickém použití EKG s 15 elektrodami, který běžně využívá elektrody V4R, V8 a V9 pro diagnostiku akutních srdečních syndromů. Podobně jako přidání 6 standardizovaných unipolárních hrudních elektrod v roce 1938 tyto další elektrody zvyšují citlivost elektrokardiogramu při detekci srdečního infarktu.
- **1999** – Vědci z Texasu dokázali, že 12 svodové EKG přenášené pomocí bezdrátové technologie na ruční počítač je možný a může být spolehlivě interpretováno kardiologem.
- **2000** – Lékaři z Mayo Clinic popsali novou dědičnou formu krátkého QT syndromu přidruženého k bezvědomí a náhlé smrti, kterou objevili v roce 1999.
- **2005** – Dánští kardiologové oznámili úspěšné zmenšení času mezi počátkem bolesti hrudi a první angioplastikou, když patientské EKG je přenášené bezdrátově z ambulance do kardiologova osobního počítače. Klinický lékař se může hned rozhodnout přesunout pacienta do cévní laboratoře, čímž ušetří čas, který by zabral převoz mezi nemocničními odděleními.

2.2 Elektrokardiograf

Samotný elektrokardiograf je zařízení, které obsahuje citlivé zesilovače vstupních signálů a elektroniku pro zajištění výstupu dat na záznamové medium. Přestože jde o metodu zavedenou již před více než devadesáti léty, patří stále mezi základní vyšetření v kardiologii a v některých aspektech (např. diagnostika arytmií) nebyla dosud překonána.



Obr. 1: Elektrokardiograf [13]

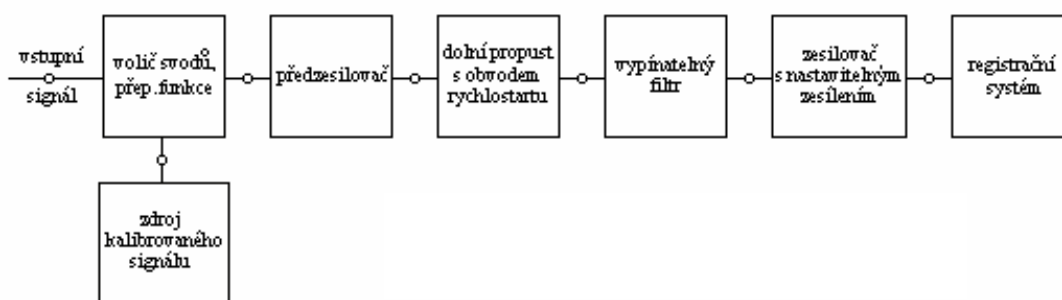
Nejrozšířenějším způsobem záznamu elektrokardiogramu je zápis na teplo citlivý papír s milimetrovým rastrem, skládaný nebo v rolích. Snímací elektrody jsou končetinové (svody I, II, III) a hrudní. Ty mohou být přísavné nebo v poslední době stále častější – jednorázové (samolepicí). Charakteristickým je pro ten který přístroj počet výstupních kanálů, které je schopen současně zobrazovat, nebo vypisovat na papír. Moderní typy přístrojů jsou vybaveny LCD, klávesnici pro zadávání dat a ovládání přístroje a elektronikou pro vyhodnocení záznamu. Výrobci dodávají často EKG s programovým vybavením, dovolujícím orientační interpretaci výsledku a měření hodnot v tabulkové formě, oboje v tištěné i elektronické podobě. Součástí záznamu se stává datum a čas měření, a základní informace o pacientovi. Většina přístrojů je vybavena automatickou detekcí nežádoucích šumů. Podle stupně vybavenosti a provedení lze sice rozeznávat skupiny elektrokardiografů se společnými charakteristikami, jednoznačnou hranici však mezi nimi stejně nelze dělat. Podle použití lze rozdělit EKG do dvou základních skupin na klinické elektrokardiografy a ambulantní elektrokardiografy.

Současné klinické elektrokardiografické přístroje jsou zásadně 12- ti svodové. Většinou se požaduje, aby naměřené elektrokardiogramy ze všech 12- ti svodů bylo možné současně zobrazit či vytisknout. Kromě toho mívají elektrokardiografy také vstupy pro další měření parametry (krevní tlak, tělesnou teplotu, nasycení krve kyslíkem apod.). Elektrokardiografy se svojí konstrukcí a vybavením liší podle použití. Součástí elektrokardiografu může, ale nemusí být počítač pro analýzu pořízených EKG záznamů, nebo může být přístroj vybaven rozhraním pro jeho připojení.

2.2.1 Obvody elektrokardiografu

Nejjednodušší jednokanálový elektrokardiograf obsahuje tyto části:

- volič svodu,
- předzesilovač s obvodem rychlo startu,
- kalibrační obvod,
- vypínatelný filtr,
- zesilovač s plynule nastavitelným zesílením,
- výkonový zesilovač,
- zapisovací systém.



Obr. 2: Blokové schéma jednokanálového elektrokardiografu [2]

Součástí voliče svodů jsou impedanční transformátory oddělující signál z jednotlivých elektrod od odporové sítě tvořící Wilsonovu svorku. Předzesilovač je diferenční. Většinou za předzesilovačem bývá zařazen filtr typu horní propust, jehož dolní mezní kmitočet je 0,05 Hz. Tento kmitočet bývá velmi často vyjádřen pomocí časové konstanty tohoto filtru. Dolnímu meznímu kmitočtu 0,05 Hz odpovídá časová konstanta $k=3,18$ s. Obvod rychlo startu, který je v našem výčtu uveden, jako součást předzesilovače bezprostředně souvisí s touto dlouhou časovou konstantou. Dostane-li se totiž na vstup zesilovače jakýkoliv napěťový skok, odpovídá doba odezvy filtru typu horní propust, zařazeného do přenosového řetězce elektrokardiografu této dlouhé časové konstantě. Znamená to tedy, že obnovení ustáleného stavu je nepřiměřeně dlouhé. Takovýto napěťový skok vznikne nejen vlivem nějakého vnějšího rušení, ale vznikne i při každém přepnutí voliče svodů tím, že půl článková napětí jednotlivých elektrod se od sebe většinou značně liší. Tyto rozdíly bývají velmi často větší, než amplituda snímaného signálu. To se projeví tím, že po dlouhou dobu po působení nežádoucího napěťového skoku není elektrokardiograf schopen zapisovat snímaný signál. To lze upravit tím, že po příchodu nežádoucího rušení zmenšíme na okamžik časovou konstantu filtru a tím urychlíme obnovení ustáleného stavu přístroje. Tuto funkci vykonává obvod rychlostartu. Obvod rychlostartu je řízen jednak automaticky při přepínání voliče svodů, jednak je možno jej uvést v případě potřeby do činnosti pomocí tlačítka na panelu elektrokardiografu. Kalibrační obvod je zdroj signálu (napěťového skoku nebo impulsů) s amplitudou 1mV. Slouží k přesnému nastavení citlivosti přístroje. Vypínatelný filtr slouží k omezení nežádoucího rušení, které se může v průběhu snímání vyskytnout. V každém případě je nutno si uvědomit, že zařazení filtru znamená jisté zkreslení zapisovaného signálu a proto by měl být používán jen ve skutečně nezbytných případech. Zesilovač s plynule nastavitelným zesílením slouží k nastavení citlivosti

elektrokardiografu na hodnotu 10 mm/1 mV výchylky záznamové stopy. Ve většině případů mívají totiž elektrokardiografy citlivost nastavitelnou jen v malém rozsahu hodnot v okolí jmenovité citlivosti. K tomuto účelu plynulé nastavení vyhovuje. Pro velký rozsah nastavení citlivosti se používá kombinace atenuátor + plynulé nastavení v malém rozsahu. Většinou se však u elektrokardiografů nevyskytuje. Požadavky na výkonový zesilovač bezprostředně souvisejí s použitým zapisovacím systémem. Vyšší výkony jsou požadovány pro zápis elektromechanickým rychlo zapisovačem. Zapisovací systém je důležitou součástí přístroje, protože umožňuje vytvořit grafický záznam snímaného signálu. Nejrozšířenějším způsobem záznamu elektrokardiogramu je zápis na teplo citlivý papír. Starší přístroje mívaly zápis pomocí vyhřívané ručičky, který je však doposud využíván u levnějších přístrojů.

Současné elektrokardiografy se vyrábějí s různým počtem kanálů, přičemž se kanálem rozumí jeden celý přenosový řetězec schopný zajistit záznam jednoho signálu. Jednokanálové přístroje jsou z nich nejjednodušší a slouží pouze k informativnímu snímání signálu. Často mívají i zjednodušený patientský kabel, tj. kabel pro spojení pacienta s přístrojem, a to tak, že obsahuje pouze jeden vodič pro snímání hrudních svodů. Vzhledem k tomu, že stejně musíme signál z jednotlivých svodových míst zaznamenávat postupně, musíme na pacienta připojit minimálně tolik elektrod, kolik je jich zapotřebí pro standardní svody. Z toho je pak zřejmé, že pro vytvoření Wilsonovy svorky je nutno připojit všechny svody končetinové a dále je nutno pacienta propojit se zemí. Další vodič pak slouží pro záznam hrudních svodů. Elektrodu je nutno v tomto případě před každým dalším záznamem přemístit. Tímto postupem ušetříme v patientském kabelu 5 vodičů. Pro diagnostiku arytmií je jednokanálový přístroj nevhodný. V případech, kdy chceme získat přesné údaje o činnosti srdce, používáme vždy vícekanálové přístroje, optimálně šesti kanálové.

2.2.2 Technické požadavky na elektrokardiograf

Napětíový zisk zesilovače typického elektrokardiografu je 1000. Pro zobrazení EKG signálu je nutno dodržet vždy standardní podmínky. Standardními podmínkami se rozumí napětíové a časové měřítko v záznamu. Tento požadavek souvisí se způsobem hodnocení EKG signálu. Základem je totiž hodnocení tvarových změn na základě znalosti "slovníku" průběhů. Ten mohou aplikovat nejjednodušším způsobem (prostým srovnáním toho, co si pamatují s tím, co bezprostředně vidím, což je nejjednodušší první kontrola) jenom tehdy, když dodržíme pro všechny případy stejné napětíové i časové měřítko. Zaznamenáme-li totiž stejný průběh dvakrát s různými měřítky a porovnáme-li oba záznamy, vypadají na první pohled rozdílně a na shodu přijdeme až po podrobném rozměření.

Při záznamu elektrokardiogramu se proto bere jako standardní citlivost 10 mm výchylky záznamové stopy pro 1 mV vstupního signálu (zkráceně 10mm/mV). Časové měřítko je definováno posuvnou rychlostí záznamového materiálu a ta v případě EKG signálu bývá 25 nebo 50 mm/s. V případě dlouhodobých informativních záznamů se používají i nižší posuvné rychlosti.

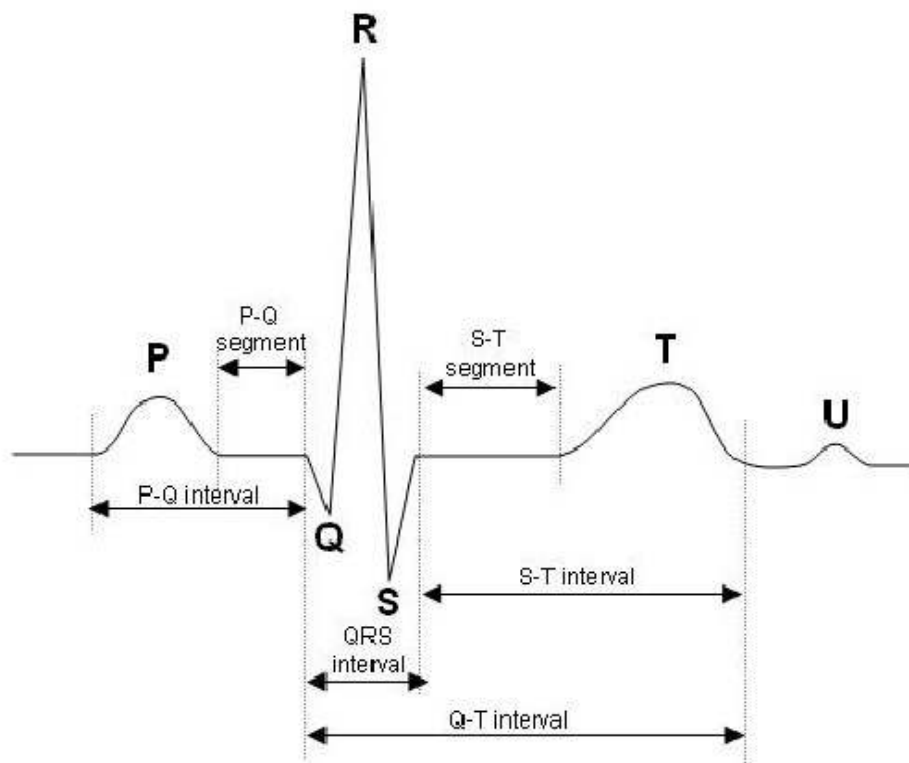
Z hlediska požadavku na šířku přenášeného pásma kmitočtů se volí jistý kompromis. Zobrazení normálního signálu svodu II vyžaduje přenos signálů s kmitočty od 0 do 100 Hz v závislosti na požadované věrnosti záznamu. Dolní mez, tj. požadavek na případný přenos složky je problematický. Plyne to totiž především z vlastností snímacích elektrod. Napětí na páru elektrod přiložených na povrch těla je při použití odpovídající vodivé pasty několik

jednotek až stovek milivoltů (přístroje počítají s hodnotou tohoto napětí až do 0,5 V). To je buď srovnatelné, nebo řádově dokonce větší, než velikost snímaného signálu. Navíc je toto napětí časově proměnné a mění se i s pohybem elektrod (při pohybu pacienta) a je rozdílné pro různé dvojice elektrod (při přepínání svodových míst). Je proto nutné, z technického hlediska, se ss složky, která vzniká přiložením elektrod, zbavit. Tato ss složka je falešným dodatkem a bezprostředně nesouvisí se snímaným signálem. Z tohoto důvodu nepřenáší elektrokardiografy ss složku a volí se kompromis tím, že dolní mezní kmitočet elektrokardiografů bývá 0,05 Hz a horní 100 Hz. I otázka horního mezního kmitočtu bývá diskutována s tím, že pro některé účely by bylo vhodnější zaznamenávat signál až do 1000 Hz. Došlo se však k závěru, že kompromisní řešení, tj. kmitočtový rozsah 0,05 až 100 Hz, který přenáší většina současných elektrokardiografů je dobrým kompromisem, protože zachovává diagnostickou hodnotu signálu se současným omezením nežádoucího rušení. Tímto nežádoucím rušením není pouze ss složka vznikající přiložením elektrod, ale i signály svalů. Nežádoucím způsobem se mohou uplatnit i různá elektrická zařízení. Z těchto hledisek by byl výhodnější horní mezní kmitočet nižší, než 100 Hz. Například monitory pro sledování EKG signálu mívají šířku pásma definovanou kmitočty 0,5 až 40 Hz. Na vstupní impedanci EKG přístroje nejsou z hlediska zdroje signálu EKG signálu (tj. organismu) extrémní požadavky. Je to dáno tím, že se pro snímání používají velkoplošné elektrody. Principiálně by vyhověl vstupní odpor řádově 300kΩ. Chceme-li však dosáhnout toho, že se neuplatní přechodový odpor elektrod při nežádoucím rušení síťovým kmitočtem, musí být vstupní odpor podstatně vyšší. Z tohoto hlediska je běžné, že vstupní odpor současných elektrokardiografů bývá běžně 10 MΩ. S ohledem na používané svodové systémy je nutno v přístroji vytvořit Wilsonovu svorku. Wilsonova svorka bývá realizována pomocí odporové sítě. Aby se tato síť neuplatnila na velikosti vstupního odporu přístroje, je nutno ji zařadit až za předzesilovací stupně, které ji oddělí od vstupních svorek přístroje.

2.3 Elektrokardiogram

K pořízení záznamu EKG slouží elektrokardiograf. Záznam pořízený pomocí elektrokardiografu se označuje jako elektrokardiogram.

Obraz fyziologické EKG křivky je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3: Normální elektrokardiogram [1]

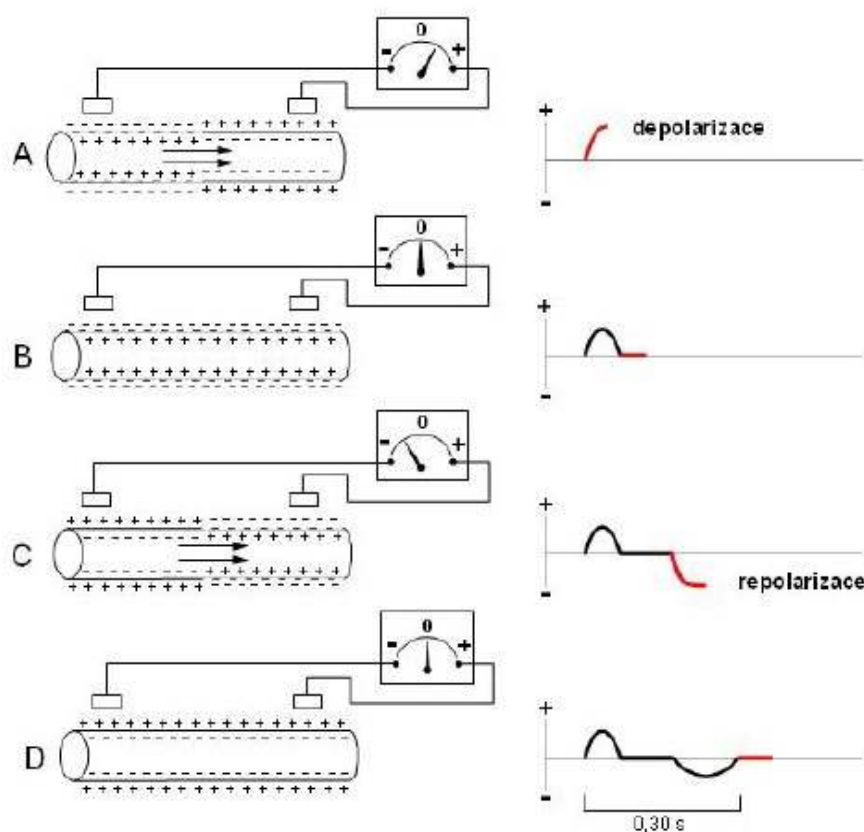
Na EKG křivce rozeznáváme následující útvary:

- vlny, které mají většinou oblý tvar a nižší amplitudu (vlna P, T, U),
- kmity, které jsou většinou hrotnaté a mají větší amplitudu (kmity Q, R, S),
- segmenty, které zahrnují úsek mezi koncem jedné vlny nebo kmitu do začátku následující vlny nebo kmitu (segment PQ, ST),
- intervaly, které zahrnují segment a přiléhající vlnu nebo kmit (interval, PQ, QT, ST, obr. 3).

Část elektrokardiogramu, kde není přítomna žádná vlna nebo kmit, se označuje jako izoelektrická linie.

2.3.1 Vznik elektrokardiografické křivky

Podstatou kmitů a vln na EKG záznamu jsou změny elektrického pole srdečního. Pole vzniká kolem srdce a šíří se vodivými tkáněmi těla. Pokud je elektrický signál dostatečně zesílen, je možné elektrické pole srdeční registrovat i na povrchu těla.

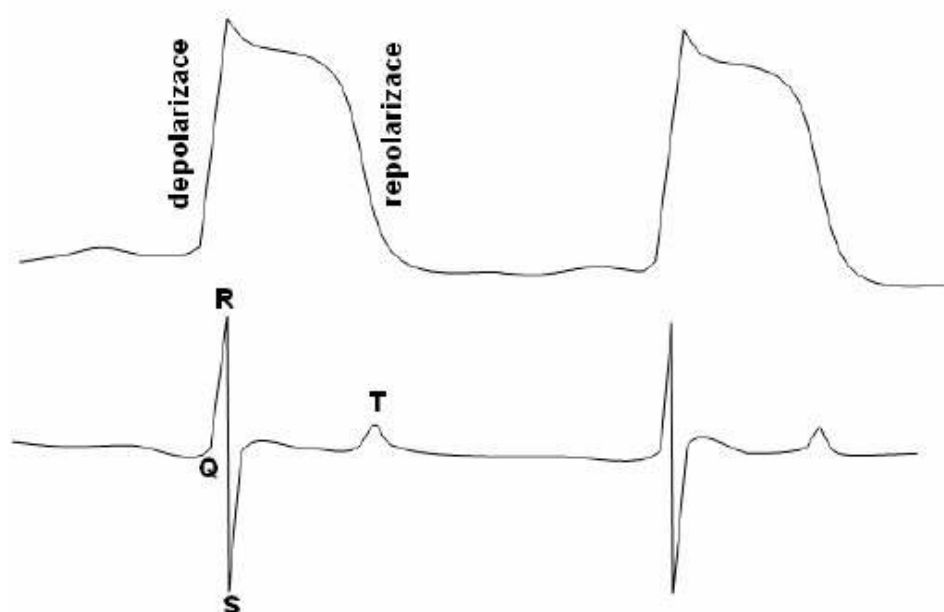


Obr. 4: Svalové vlákno jako dipól [1]

Šipky uvnitř svalového vlákna označují směr postupující depolarizace, resp. repolarizace.

Zdrojem EKG křivky je zejména elektrická aktivita srdeční svaloviny. Každá myokardiální buňka, pokud je aktivována a šíří se po ní akční napětí, působí jako elektrický dipól. (Elektrický dipól vzniká tehdy, když kladné a záporné náboje nejsou v prostoru rovnoměrně rozptýleny). Kolem tohoto dipólu vzniká elementární elektrické pole, které má určitou velikost a směr. Sčítáním elektrických polí všech svalových buněk, které jsou v daném okamžiku aktivovány, vzniká výsledné elektrické pole srdeční. Z definice elektrického dipólu je zřejmé, že elektrické pole vzniká pouze na rozhraní depolarizované a repolarizované části srdeční buňky. Pokud je tedy celé svalové vlákno depolarizováno nebo repolarizováno, negeneruje žádné elektrické pole (obr. 4).

Stejné pravidlo platí i v případě celého srdce – jsou-li všechny kardiomyocyty v srdečních síních nebo v srdečních komorách depolarizovány (resp. repolarizovány), na elektrokardiogramu není možno registrovat žádnou výchylku a objeví se zde izoelektrická linie.



Obr. 5: Simultánní záznam akčního napětí jednoho komorového kardiomyocytu a elektrokardiogramu [1]

Depolarizace komor vede ke vzniku QRS komplexu. Po skončení depolarizace komor (během fáze plató) je na EKG záznamu izoelektrická linie (segment ST). Následná repolarizace vede ke vzniku vlny T. Po skončení repolarizace se na EKG záznamu opět objeví izoelektrická linie.

2.4 Funkce současných elektrokardiografů a jejich praktické příklady

SE - 1200 EXPRESS

EKG řady SE - 1200 Express jsou profesionální elektrokardiografy určené především pro kardiologická oddělení a ambulance. Barevný dotykový LCD displej s vysokou rozlišovací schopností zobrazuje všech 12 kanálů a kvalitní výtisk uspokojí i nejnáročnější uživatele. I přes velké množství funkcí, které přístroj nabízí, zůstává jeho předností jednoduché a intuitivní ovládání.

Parametry:

- Dotykový barevný 8.4“ LCD displej s vysokým rozlišením
- Interpretace EKG
- Digitální filtrace
- Plnohodnotná alfanumerická klávesnice
- Přenos dat do PC a následné zpracování
- Automatický a manuální režim
- Síťový a bateriový provoz (Li-ion baterie)

- RS-232, USB, Ethernet výstup
- Možnost rozšíření na zátěžový systém
- HRV analýza
- Vnitřní paměť pro 200 záznamů, prohlížení záznamů
- Náhledy reportů před tiskem, volitelné tiskové sestavy
- Tisk na 210mm široký EKG papír (skládaný, vinutý)
- Ekonomický tisk na kancelářský papír A4 díky přímému propojení EKG přístroje a laserové tiskárny



Obr. 6: SE – 1200 Express [15]

SE - 600

EKG řady SE - 600 jsou výkonná EKG střední třídy s grafickým displejem vysokého rozlišení a plnou alfanumerickou klávesnicí. Velkou výhodou je i možnost přímého propojení s inkoustovou tiskárnou a následným výtiskem na kancelářský papír A4. Samozřejmostí je možnost propojení s PC a archivace dat na USB disk.

Parametry:

- LCD displej 5.7“ s vysokým rozlišením
- Interpretace EKG
- Digitální filtrace
- Plnohodnotná alfanumerická klávesnice
- Přenos dat do PC a následné zpracování
- Automatický a manuální režim
- Síťový a bateriový provoz (Li-ion baterie)
- RS-232, USB, Ethernet výstup
- Vnitřní paměť pro 100 záznamů, prohlížení záznamů
- Tisk na 210mm široký EKG papír (skládaný, vinutý)
- Ekonomický tisk na kancelářský papír A4 díky přímému propojení EKG přístroje a laserové tiskárny



Obr. 7: SE – 600 [15]

SE - 300

EKG řady SE - 300 jsou snadno ovladatelná, přenosná EKG umožňující tisk 3 kanálů na integrované termotiskárně. Grafický LCD displej s vysokým rozlišením umožní zobrazení všech 12 svodů. Velkou výhodou je i možnost přímého propojení s inkoustovou tiskárnou a následným výtiskem na kancelářský papír A4. Jistě oceníte i možnost exportu dat do počítače a jejich následné zpracování.

Parametry:

- LCD displej 4“
- Digitální filtrace
- Přenos dat do PC a následné zpracování
- Automatický a manuální režim
- Síťový a bateriový provoz (Li-ion baterie)
- RS-232 výstup
- Vnitřní paměť pro 100 záznamů
- Tisk na 80mm široký EKG papír (skládaný, vinutý)
- Hmotnost včetně baterie: 2,5 kg
- Ergonomický design s držákem pro přenos



Obr. 8: SE – 300 [15]

EKG – 531 I

Přenosný EKG přístroj s možností počítačové analýzy záznamu. Přístroj současně nahrává signály z dvanácti svodů, tiskne 3 svody současně. Má automatický a manuální modus. V automatickém modu se ihned začne nahrávat a tisknout EKG záznam po stisknutí tlačítka. Napájení z elektrické sítě nebo pomocí akumulátoru, který je součástí přístroje. Akumulátor zaručuje provoz po dobu 3 hodin bez připojení k síti. Hmotnost pouze 1 kg, rozměry 250 x 50 x 170mm. V přístroji je integrován software, který interpretuje naměřená data (pouze u EKG 531i). Tento interpretační program byl vyvinut na lékařské vysoké škole v Hannoveru a pomáhá lékařům při stanovení diagnózy. Software provede hodnocení zaznamenaných dat, změření úseků a segmentů a vytiskne závěr na papír. Konečnou diagnózu musí stanovit lékař. Součástí dodávky je patientský kabel, napájecí kabel, 4 končetinové elektrody, 6 hrudních elektrod, 2 roličky papíru, EKG gel, návod k použití.



Obr. 9: EKG – 531 I [4]

[11],[14],[17],[2],[1],[3],[4],[15]

3. Testery EKG

3.1 Využití EKG testerů v praxi

Jedním z významných témat ve zdravotnictví v současné době, je kvalita poskytovaných zdravotnických služeb. Ta je, kromě kvality personálu a organizace systému, v dnešní přetechizované době velmi závislá na technických prostředcích a jejich dobrém stavu, který umožní využívat je optimálně a bezpečně. Starost o technické prostředky ve zdravotnictví je v České republice řízena zákonnými prostředky, především pak zákonem 123/2000 sb., jeho novelami, souvisejícími vyhláškami a nařízeními vlády.

Tyto předpisy pak nabývají mnohem většího významu po vstupu České republiky do EU. Pokud hovoříme o technickém a přístrojovém vybavení ovlivňujícím kvalitu poskytovaných služeb, v terminologii zákona 123/2000 sb. se hovoří o zdravotnických prostředcích. Velká část těchto zdravotnických prostředků využívá elektrických či elektronických systémů ke zjišťování či ovlivňování stavu pacienta.

Každá věc kolem nás mění svůj stav v průběhu času, a ne jinak je tomu i se zdravotnickými prostředky. Ty se mohou porouchat, což je paradoxně ten lepší případ, či na první pohled pro uživatele neviditelně změnit své vlastnosti, což je ten horší případ. Proto zákon 123/2000 sb. ve svých paragrafech 26 až 28 požaduje provádět kromě oprav i pravidelné kontroly zdravotnických prostředků. Tyto kontroly, a to jak po provedené opravě, tak i v průběhu užívání mohou být prováděny jak samotným zdravotnickým zařízením, k tomu samozřejmě technicky, organizačně i personálně vybaveným, tak specializovanými firmami, vše pod kontrolou příslušného státního orgánu (SUKL). Se zvyšujícími se požadavky na kvalitu zdravotní péče ve světě i u nás také souvisí tlak na nutnost evidence. Na kartě pacienta je pak požadováno evidovat nejen použité vyšetřovací metody a zařízení použitá při daném vyšetření či zákroku, ale též informaci o provedených zkouškách těchto zařízení a testovací technice tak, aby ve sporných případech byly snadno prokazatelné všechny okolnosti případu. Výše uvedené kontroly lze jednoduše rozdělit na dvě části, na kontroly elektrické bezpečnosti, ty jsou celkem známé a provádějí se, i když s použitím ne vždy vhodných měřicích a kontrolních přístrojů. Druhou částí jsou kontroly funkčnosti příslušných zdravotnických prostředků. Zde je situace mnohem horší, a to jak co do znalostí a zkušeností personálu, tak i co do vybavení příslušnými přístroji.

3.2 Praktické příklady a vlastnosti testerů EKG

3.2.1 Fluke Esa 620

Přístroje Fluke620 jsou navrženy tak, aby splnily všechny požadavky kladené na testování ve zdravotnictví normami ČSN EN 62 353, ČSN EN 60601 a dalšími. Přístroj je tedy plně vyhovuje požadavkům zákona 130/2003 sb., kterým byl novelizován zákon 123/2000 sb. o zdravotnických prostředcích, a je použitelný jak pro opakované kontroly bezpečnosti či kontroly po opravě, tak i pro měření zdravotnických přístrojů ve výrobě. Konstrukčně je přístroj řešen jako přenosné robustní zařízení (obr. 10 a obr. 11) ve stylu „Fluke“ s ochranným pružným

krytem pro předejití mechanickému poškození. Je vybaven 10 bezpečnými svorkami pro připojení svodů zařízení s funkce EKG. Je tedy schopen provést všechna měření předepsaná normou ve všech kombinacích připojení svodů, na rozdíl od některých domácích výrobků, které kontrolují elektrické vlastnosti svodů



Obr. 10: Tester bezpečnosti Fluke Esa 620 [6]

vzájemným propojením, nebo je nutné připojovat svod po svodu. Na předním panelu přístroje dále nalezneme síťovou zásuvku pro připojení napájecího kabelu kontrolovaného zařízení a kontaktní svorku pro případ měření dotykového napětí. Tato svorka je výměnná a lze ji nahradit konektorem pro pevné připojení. Dále jsou zde čtyři připojovací zdířky pro připojení měřicích kabelů. Přístroj je vybaven velkým, dobře čitelným podsvětleným LCD grafickým displejem pro ovládání a nastavování.

Fluke620 je dále vybaven USB rozhraním pro komunikaci s PC. Veškeré testy a měření lze provádět ručně nebo automaticky ve spolupráci s programem Ansur. Fluke620 je napájen ze sítě 120 až 240 V a lze jím provádět následující testy a měření. Především jsou to měření na ochranném vodiči a to jak proudem 200 mA, tak i proudem 25 A. Měření mohou být prováděna jak dvou vodičově tak i čtyřvodičově. Dalším měřením je měření odebíraného proudu v rozsahu 0–20 A. Lze tak kontrolovat i spotřebiče s větším odběrem. Dále je Fluke620 vybaven 5 typy měření izolačního stavu 250 V a 500 V. Lze provádět i testy předepsané ČSN EN 60601 v oblasti měření unikajících proudů jako jsou zemní unikající proudy, dotykové proudy, unikající proudy pacienta a další měření. Dále pak měření dovoleného napětí a proudu podle ČSN EN 61010. Velmi významnou vlastností je možnost provádět měření podle nové normy ČSN EN 62353. Například měření náhradního unikajícího proudu zařízení nebo připojených částí nebo přímého unikajícího proudu zařízení a připojených částí případně pak rozdílový unikající proud. Dalšími možnými měřeními jsou dvojité testy svodů na napětí, odpory i unikající proud. Přístroj přináší i další velkou výhodu v možnosti provádět přímo testy EKG zařízení na jejich funkcionalitu. Protože je u EKG zařízení nutno vždy, kromě testů bezpečnosti provádět i ověřování správné funkce, konstruktéři Fluke 620 zahrnuli do vybavení tohoto přístroje i možnost přivádět na 10 svodových svorek přístroje testovací průběhy s volitelným rytmem 30, 60, 180 a 240 úderů za minutu a volitelným průběhem, případně další signály nutné pro ověření funkcionality EKG zařízení. Samozřejmě, že střídavé měřené veličiny, jako je unikající proud

nebo napětí, jsou měřeny jako skutečná efektivní hodnota se samostatným zobrazením střídavé a stejnosměrné složky. Normou požadovaná měření jsou prováděna v rozsahu od stejnosměrných hodnot až do frekvence až 1 MHz. Měření unikajících proudů je možné až do 10 mA. Díky možnosti připojit běžné měřicí kabely a měření napětí, proudu a odporu, nemusí být uživatel již vybaven klasickým multimetrem. Vše zastane ESA620. Přístroj je plně podporován programem Ansur, který v součinnosti s ním vytvoří plně automatizovaný testovací nástroj.

Program Ansur byl převzat firmou Fluke Biomedical z portfolia firmy Metron připojenou v roce 2006 ke skupině Fluke. Vzhledem k jeho velkému rozšíření po celém světě a jeho schopnostem je Ansur dále rozvíjen a postupně je vytvářena podpora všech přístrojů Fluke Biomedical. Ansur, kromě toho, že umožňuje vytvářet pracovní postupy pro jednotlivá testovaná zdravotnická zařízení velmi efektivním způsobem a názorným způsobem a pomocí těchto postup řídit jednotlivé testovací přístroje, je schopen spolupráce s databázovými systémy na bázi SQL, a tak je snadno integrovatelný i do již existujících nemocničních informačních systémů. Ansur umožní během měření snadno provádět srovnávání s parametry vyžadovanými jednotlivými normami, okamžitě upozornit na neshodu a snadno vytvářet měřicí protokoly. Ukládáním naměřených dat je vytvořena možnost sledovat stav jednotlivých zařízení v čase. Pokud shrneme vlastnosti nového Fluke620 tak svou robustností a zároveň přenosností a podporou důležitých norem je vhodný, jak pro opakované kontroly v nemocnicích, tak i pro měření v průběhu výroby.

3.2.2 Fluke Impulse 7000 DP

Impulse 7000DP je tester defibrilátorů a vnějších kardiostimulátorů. Konstrukčně je řešen ve stejné skříni jako ESA620. Ovládání je opět funkčními tlačítky a LCD displejem. Jeho velkou předností je, že podporuje všechny konstrukce defibrilátorů v současnosti používané. Je jím tedy možno testovat přístroje monofázické, bi-fázické i pulzně bifázické. Jeho přesnost měření dosahuje 1 %. Má široký rozsah zatěžovacích odporů od 50 Ω do 1 500 Ω . Tento rozsah lze ještě rozšířit externí jednotkou Impulse 7010, která rozšíří zatěžovací odpor až na 25 Ω . Řídící algoritmy jsou řešeny s využitím technologie DSP. Kromě měření energie impulsu a jeho časování je přístroj Impulse 7000DP schopen generovat fyziologické EKG průběhy s volbou rychlosti srdeční frekvence a testovat tak monitory životních funkcí. Dále je možné testovat externí kardiostimulátory, využívající přímo předdefinovaných typů a značek.



Obr. 11: Tester defibrilátorů Fluke Impulse 7000DP [6]

Specifikace:

Teplota

Provozní.....10 °C to 40 °C (50 °F to 104 °F)

Skladovací.....-20 °C do +60 °C (-4 °F to +140 °F)

Vlhkost.....10 % to 90 % bez kondenzace

DisplejLCD display

Komunikace.....USB přístrojový port pro kontrolu počítačem

Druhy obsluhyManuální nebo dálkové ovládání

Napájení(kapacita)Vnitřní dobíjecí NiMH sada baterií pro devíti hodinové (typický) operace po úplném nabití, nebo při nabíjení akumulátoru může fungovat analyzátor a nabíjení baterie současně.

Nabíječka akumulátoru100 to 240 V vstup, 15 V/1.5 A výstup. Pro nejlepší výkon, nabíječka akumulátoru by měla být zapojena do vhodně uzemněné zásuvky se střídavým proudem.

Mechanické vlastnosti

Kryt.....ABS umělá hmota

Velikost (V x Š x D)13 cm x 32 cm x 24 cm (5 in x 13 in x 9.5 in)

Hmotnost.....3.0 kg (6.6 lb)

Bezpečnostní předpisy

CEIEC/EN61010-1 2. Vydání; Stupeň znečištění 2

CSA.....CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1; UL61010-1

Standardy elektromagnetické kompatibility (EMC)

Evropská EMC.....EN61326-1

EKG Vlny

EKG obecně

Uspořádání svodů.....12-svodová simulace. RA, LL, LA, RL, V1-6 se samostatnými výstupy

Odpor mezi svody.....1000 Ω (přibližně)

Míra přesnosti ± 1 %

EKG amplitudy

Referenční svod Volitelný, svod 2 (standardně) nebo svod 1

Nastavení 0.05 do 0.45 (krok 0.05) mV

0.5 do 5.0 (krok 0.5) mV

Přesnost.....svod 2 = ± 2 %, ostatní svody = ± 5 % z nastavení svodu 1 a 2 Hz obdélníkového kmitu

Pro výkon vln a detekce R vlny, ostatní svody jsou úměrné svodu I v procentech na:

Svod I100

Svod II150

Svod III50

Svody V1 až do V6100

Pro normální sinusové vlny, ostatní svody jsou úměrné svodu I v procentech na:

Svod I100

Svod II150

Svod III50

Svod V1.....24

Svod V2.....48

Svod V3.....100

Svod V4.....120

Svod V5.....112

Svod V6.....80

EKG normální sinusový rytmus

Rychlost.....10 to 360 (by 1) BPM

EKG horní úroveň výstupů (BNC konektor)

Amplituda0.2 V/mV z amplitudy svodu I

Přesnost ± 5 %. 2 Hz obdélníkového kmitu

Výstupní odpor.....50 Ω výstupního odporu

EKG na vstupním zatížení defibrilátoru

60 % z amplitudy svodu I. Max. 3.5 mV

EKG výkonové vlny

Obdélníková křivka2.0 a 0.125 Hz

Trojúhelníková křivka.....2.0 a 2.5 Hz

Sinusová křivka.....0.05, 0.5, 5, 10, 40, 50, 60, 100, 150, a 200 Hz

Puls30 a 60 BPM, 60 ms šířka pulsu

Detekce R vlny

Tvar křivky.....pilovitý

Amplituda.....0.05 do 0.45 (krok 0.05) V, 0.5 do 5.0 (krok 0.5) V

Rychlost.....30, 60, 80, 120, 200, a 250 BPM

Šířky8, 10, 12 ms, a 20 do 200 (krok 10) ms

Přesnost $\pm(1$ % nastavení+ 0.2 mV)

Odolnost proti hluku

Vlna sinus
Síťový kmitočet.....50 nebo 60 Hz (± 0.5 Hz)
Amplituda0.0 do 10.0 (krok 0.5) mV
Přesnost..... $\pm 5\%$

Transvenózní pulzní simulace kardiostimulátorem

Šířky

Rozsah.....0.1, 0.2, 0.5, 1.0, a 2.0 ms
Přesnost..... $\pm 5\%$ z nastavení

Amplitudy

Rozsah.....0 (off) a $\pm 2, \pm 4, \pm 6, \pm 8, \pm 10, \pm 12, \pm 14, \pm 16, \pm 18,$
 $\pm 20, \pm 50, \pm 100, \pm 200, \pm 500,$ a
 ± 700 mV
Přesnost..... $\pm (10\% \text{ z nastavení} + 0.2 \text{ mV})$

Výběr arytmii

Interaktivní kardiostimulátor (Transkutánní kardiostimulátor, Impulse 7000DP pouze)

Požadavek.....30 do 360 (krok 1) BPM

Asynchronní

Sinusová zástava

Nefunkční

Prahová hodnota (Interaktivní simulace kardiostimulátoru pouze) 10 do 250 (krok 10) mA

Supraventrikulární

Hrubá fibrilace síní

Čistá fibrilace síní

Síňový flutter

Sinusová arytmie

Sinusová zástava

Síňová tachykardie

Paroxysmální (záchvatovitá) síňová tachykardie (PAT)

Uzlový rytmus

Tachykardie nad srdeční komorou

Předčasný

Síňový PAC (Premature atrial contraction = předčasná kontrakce síní)

Uzlový PNC

Předčasná kontrakce levé srdeční komory 1 (PVC1)

Předčasná kontrakce levé srdeční komory 1 (PVC1) časná

Předčasná kontrakce levé srdeční komory 1 (PVC1) R na T

Předčasná kontrakce pravé srdeční komory 2 (PVC2)

Předčasná kontrakce pravé srdeční komory 2 (PVC2) časná

Předčasná kontrakce pravé srdeční komory 2 (PVC2) R na T

Multifokální (více ložiskové) PVC

Komorový

PVC 6/min

PVC 12/min

PVC 24/min
Multifokální frekvence
Trigeminy
Bigeminy
Dvojice PVC
Běh 5 PVC
Běh 11 PVC
Monomorfní komorová tachykardie.....120 do 300 (krok 5) BPM
Polymorfní komorová tachykardie1 do 5
Komorová fibrilace: Hrubá a čistá
Asystolie

Vodivost

1° Blokáda
2° Blokáda Typu I
2° Blokáda Typu II
3° Blokáda
Blokáda pravého Tawarova raménka (RBBB)
Blokáda levého Tawarova raménka (LBBB)

Transvenózní stimulace kardiostimulátorem

Síně 80 BPM
Asynchronní průběh 75 BPM
Na pořádání s opakovaným sinusovým tepem
Na požádání s nahodilým sinusovým tepem
Atrioventrikulární - sekvenční mód
Nezachycená srdeční akce
Nefunkční kardiostimulátor

Volitelné parametry pulsu kardiostimulátoru pro transvenózní simulace. (Síňové a komorové kanály jsou nezávisle volitelné):

Síňový puls kardiostimulátoru

Šířka0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 ms
Polarity+ nebo -
Amplituda0 (off), 2 to 20 (krok 2), 50, 100, 200, 500, 700 mV

Komorový puls kardiostimulátoru

Šířka0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 ms
Polarita+ nebo -
Amplituda0 (off), 2 to 20 (krok 2), 50, 100, 200, 500, 700 mV

[6],[5]

4. Návrh testovacích procedur

Testovací procedury byly navrženy tak, aby obsahovaly ukázky, co největšího počtu rozličných arytmii, poruch vedení, módy kardiostimulátoru a také vliv okolního prostředí, jakým je např. elektromagnetické rušení sítě. Jedna ze základních věcí, které potřebujeme otestovat je, že elektrokardiograf je schopen rozpoznat a správně zobrazit každou arytmií nebo poruchu.

Změřené fyziologické EKG průběhy a jejich popis z hlediska nejvýznamnějších parametrů:

- AV blokáda 1. stupně
 - Prodloužení intervalu P-Q nad 0,20 s.
- Blokáda 2. stupně typu I
 - Nepravidelná akce komor, P-R interval se postupně prodlužuje, až se nakonec jedna P vlna nepřevede.
- Blokáda 2. stupně typu II
 - Pravidelná akce komor, většina stahů se normálně převede, ale příležitostně jedna P-vlna není následována QRS-komplexem.
- Blokáda 3. stupně
 - Úplná AV blokáda, není vztah mezi P-vlnami a QRS-komplexy, síně a komory pracují nesynchronizovaně.
- Blok levého Tawarova raménka
 - Ztráta septálního Q-kmitu a zářezy na QRS-komplexech v laterálních svodech.
- Blok pravého Tawarova raménka
 - Normální PR-interval, rozšířený QRS-komplex, dominantní R-kmit, hluboký S-kmit.
- Nezachycená srdeční akce
 - Absence spontánní komorové akce.
- Atrioventrikulární - sekvenční mód
 - Při detekci spontánní komorové události uvnitř programovaného AV-intervalu je AV-interval prodloužen o programovanou hodnotu. Naopak absence spontánní komorové události při prodlouženém AV-intervalu vede jeho opětovnému zkrácení.
- Na požádání s nahodilým sinusovým pulsem
 - Kardiostimulátor registruje každou spontánní komorovou depolarizaci a zastaví kardiostimulaci – vnímaná událost sníží stimulační frekvenci na frekvenci hystereze, v případě prodloužení intervalu R-R nad programovaný interval hystereze se uplatní stimulace a stimulační frekvence se opět zvýší na základní.
- Na požádání s pravidelným sinusovým pulsem
 - Kardiostimulátor registruje každou spontánní komorovou depolarizaci a zastaví kardiostimulaci – tolerování spontánního rytmu s nižší frekvencí než je nastavená základní stimulační frekvence – v tomto případě absolutní hodnotou stimulační frekvence.
- Asynchronní průběh
 - Při detekci rušení (detekci frekvence spontánních signálů s frekvencí cca nad 480/min) dojde ke změně stimulačního modu a rušený kanál je po dobu interference vyřazen z vnímání, stimulace v tomto kanále probíhá poté asynchronně.

- Síňová tachykardie
 - P-vlny jsou patrné na konci T-vlny předešlého stahu.
- Nefunkční kardiostimulátor
 - Kardiostimulátor nevyvolává žádnou srdeční aktivitu.
- Paroxysmální síňová tachykardie
 - Více než tři po sobě následující sériově řazené předčasné excitace.
- Sinusová zástava
 - Ztráta aktivity sinoatriálního uzlu, další P-vlna se objeví v neočekávaném čase.
- Uzlový rytmus
 - Vzruchy vznikají v oblasti AV junkce (40-60/min), úzký QRS-komplex, inverze P-vlny.
- Sinusová arytmie
 - Každý komplex P-QRS-T je stejný, mění se jen interval mezi nimi, R-R interval se během nádechu zkracuje.
- Síňový flutter
 - Má frekvenci okolo 300/min a P-vlny mají pilovitý charakter.
- Síňová fibrilace
 - Chybí P-vlna, intervaly mezi QRS-komplexy jsou absolutně nepravidelné, někdy se může objevit křivka podobná flutteru.
- Supraventrikulární tachykardie
 - Úzký QRS-komplex (trvání kratší než 120 ms), QRS-komplex má normální tvar a šíři, T-vlny stejného tvaru jako sinusové stahy.
- Předčasná kontrakce levé komory časná
 - Spontánní předčasné depolarizace vznikající v levé komoře, změněn tvar QRS-komplexu, změněn i úsek ST-T, zkrácený PP- interval.
- Předčasná kontrakce levé komory
 - Spontánní předčasné depolarizace vznikající v levé komoře, změněn tvar QRS-komplexu, změněn i úsek ST-T.
- Předčasná uzlová kontrakce
 - Jde o předčasné stahy přicházející z junkční oblasti, vlna P je vždy abnormální.
- Předčasná síňová kontrakce
 - Jde o ojedinělé předčasné stahy, vycházející z jakéhokoli ektopického ložiska v síních, teda nikoli v SA-uzlu, vlna P předchází komplex QRS, svým vzhledem se však většinou liší od předchozích.
- Multifokální předčasná komorová kontrakce
 - U vzácných multifokálních extrasystol se liší vlny P i navzájem.
- Předčasná kontrakce pravé komory R na T
 - Časná extrasystola nasedající na vlnu T předchozího cyklu.
- Předčasná kontrakce pravé komory časná
 - Spontánní předčasné depolarizace vznikající v pravé komoře, změněn tvar QRS-komplexu, změněn i úsek ST-T, zkrácený PP-interval.
- Předčasná kontrakce pravé komory
 - Spontánní předčasné depolarizace vznikající v pravé komoře, změněn tvar QRS-komplexu, změněn i úsek ST-T.
- Předčasná atrakce levé komory R na T

- Časná extrasystola přicházející do vzestupného raménka nebo do vrcholu vlny T.
- Asystolie
 - Rovná linie, která může a nemusí být přerušována vlnami P, zástava srdeční činnosti.
- Komorová fibrilace – hrubá
 - Běžná sekvence komorové depolarizace zcela chybí, neboť dochází k depolarizaci malých okrsků komorového myokardu nezávisle na sobě, chybí typické uspořádání a morfologie komorových komplexů a úseku ST-T, velká amplituda.
- Komorová fibrilace – čistá
 - Běžná sekvence komorové depolarizace zcela chybí, neboť dochází k depolarizaci malých okrsků komorového myokardu nezávisle na sobě, chybí typické uspořádání a morfologie komorových komplexů a úseku ST-T, v některých svodech může mít malou amplitudu.
- Polymorfní komorová tachykardie
 - Různotvaré extrasystoly, vznikají ve více nebo v jednom centru, syndrom dlouhého QT-úseku.
- Monomorfní komorová tachykardie
 - Tvarově shodné extrasystoly, vznikají zpravidla v jednom místě.
- Dvojice předčasných komorových kontrakcí
 - Dvě bezprostředně po sobě následující předčasné excitace (kuplety).
- Bigeminy
 - Pravidelné střídání delšího a kratšího intervalu ukončeného extrasystolou.
- Trigeminy
 - Předčasná excitace přijde po každém druhém sinusovém vzruchu.
- Multifokální frekvence
 - Výskyt extrasystol různých tvarů.
- Předčasná komorová kontrakce
 - Výskyt komorové extrasystoly
- Rušení sítě – EKG vlny vypnuty (60 Hz)
 - Záznam síťového rušení (60 Hz).
- Rušení sítě – EKG vlny zapnuty (60 Hz)
 - Vliv rušení sítě (60 Hz) na snímáný EKG signál.
- Rušení sítě – EKG vlny vypnuty (50 Hz)
 - Záznam síťového rušení (50 Hz).
- Rušení sítě – EKG vlny zapnuty (50 Hz)
 - Vliv rušení sítě (50 Hz) na snímáný EKG signál.
- Detekce R-vlny (60 BPM)
 - Detekce vrcholu vlny R, např. k synchronizaci diagnostických zařízení.
- Detekce R-vlny (200 BPM)
 - Detekce vrcholu vlny R, např. k synchronizaci diagnostických zařízení.

4.1 Výsledky testů

Výstupy laboratorních testů testovací procedury. Pomocí těchto testů jsme dokázali správnou funkci testovaného elektrokardiografu Corscience BT 12. Tento elektrokardiograf pomocí Bluetooth posílal naměřená data na osobní počítač, který obsahoval příslušný software Corscience VM 100 pro zobrazení elektrokardiogramu. Záznam křivky probíhal v reálném čase s posuvnou rychlostí 10 mm/s.



Obr. 12: 1° Block = AV Blokáda 1. stupně



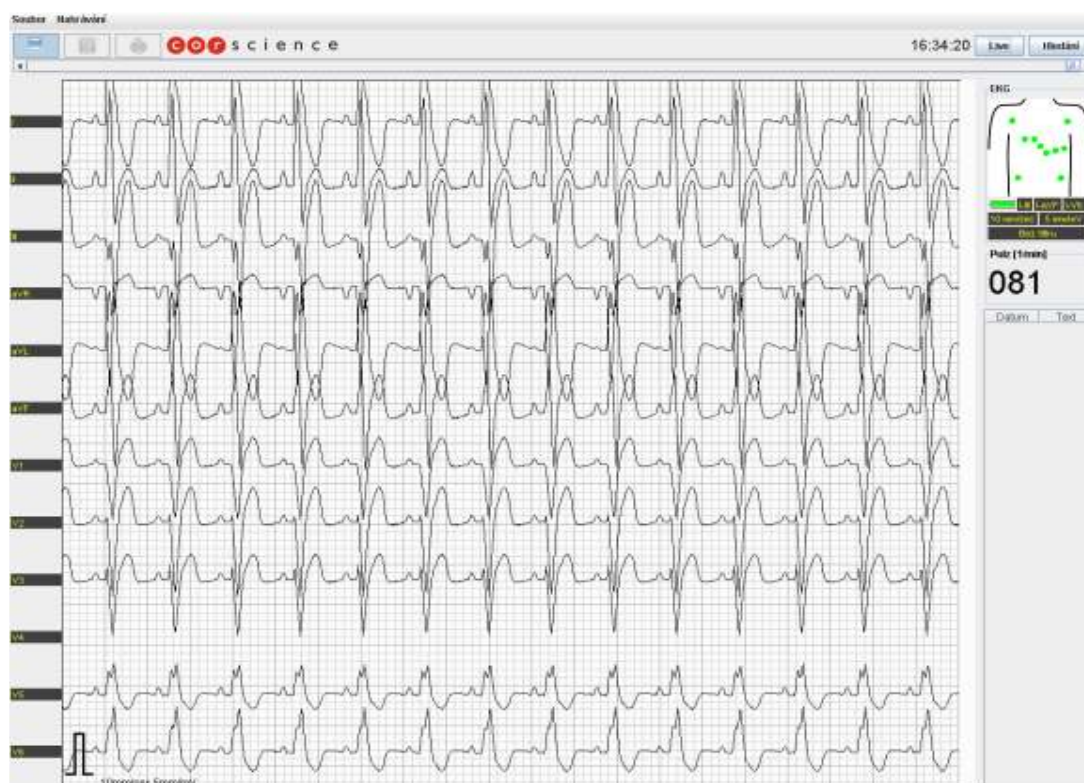
Obr. 13: 2° Block Type 1 = Blokáda 2. stupně typu I



Obr. 14: 2° Block Type 2 = Blokáda 2. stupně typu II



Obr. 15: 3° Block = Blokáda 3. stupně



Obr. 16: LBBB – Left Bundle Branch Block = Blok levého Tawarova raménka



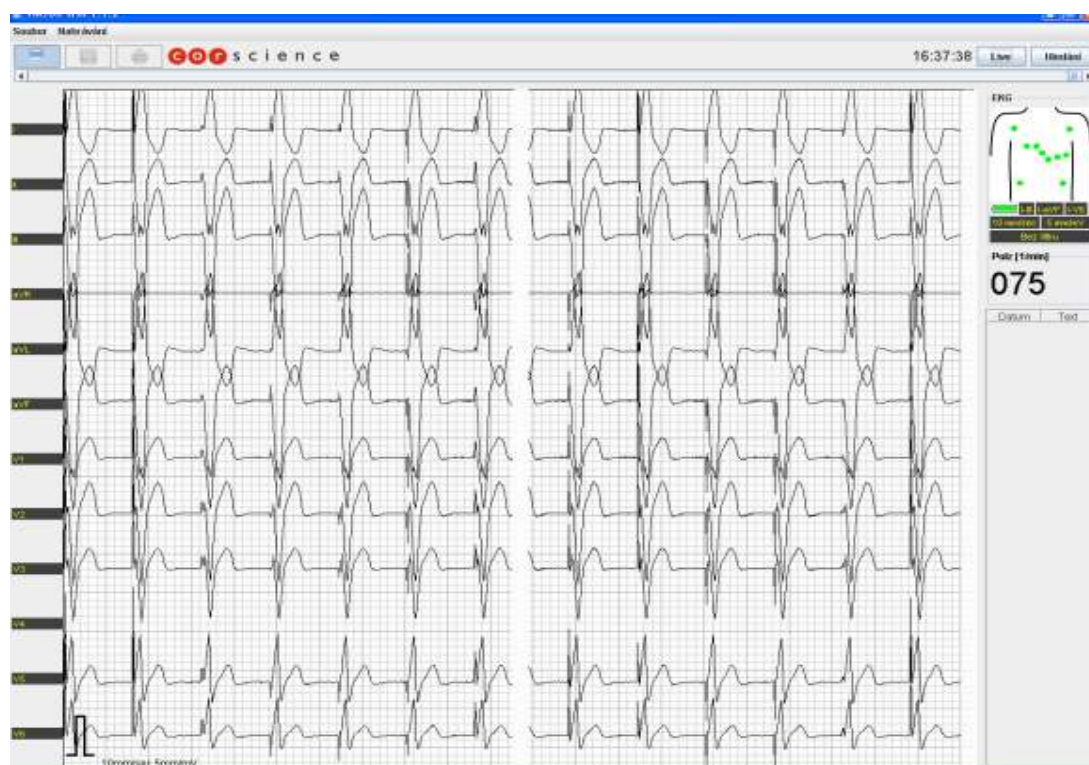
Obr. 17: RBBB – Right Bundle Branch Block = Blok pravého Tawarova raménka



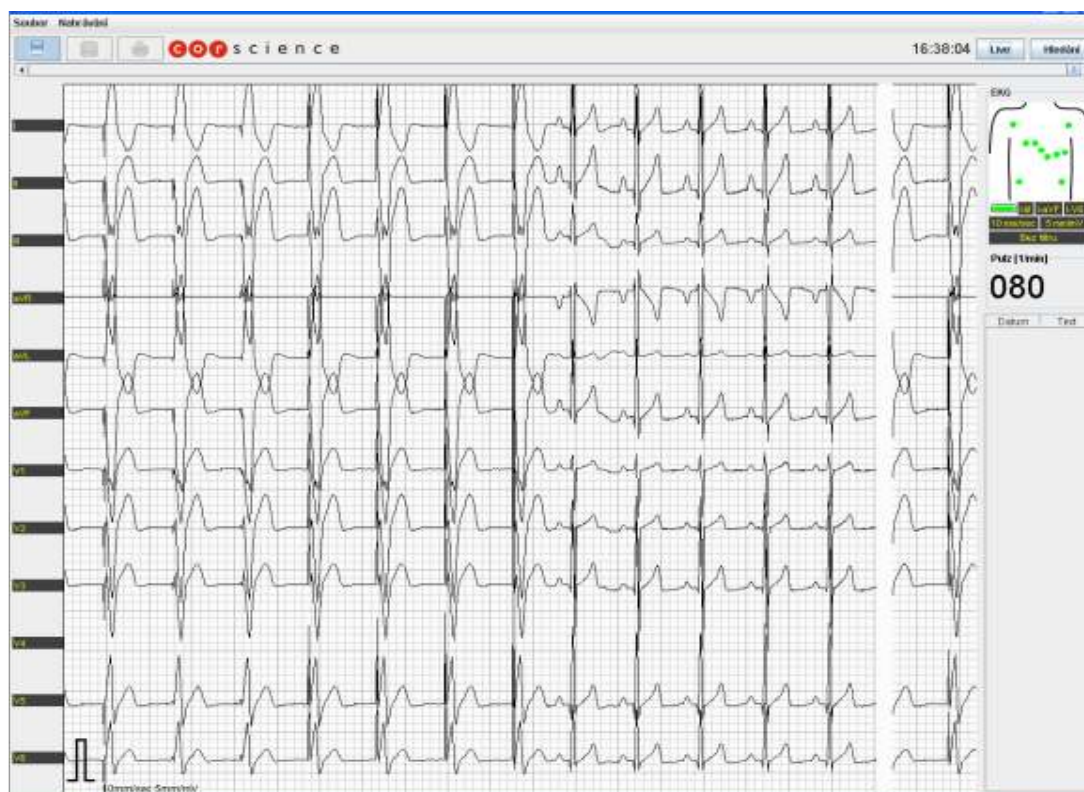
Obr. 18: Non – capture = Nezachycená srdeční akce



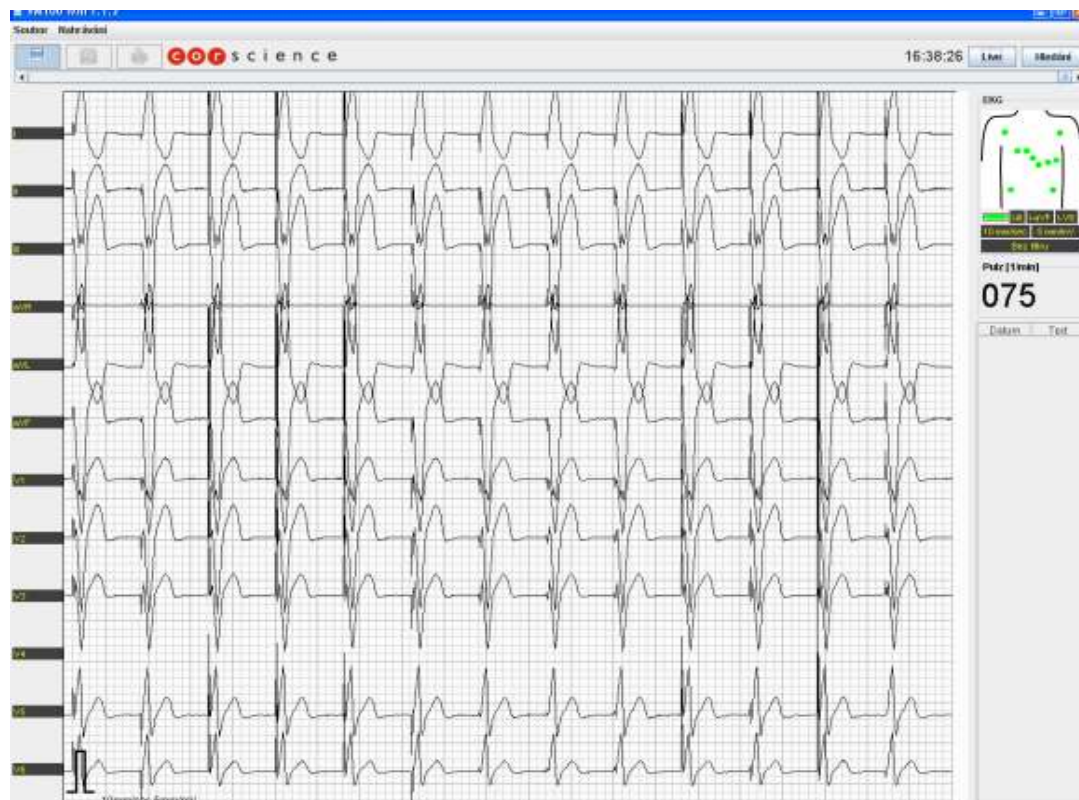
Obr. 19: AV – sequential = Atrioventrikulární – sekvenční



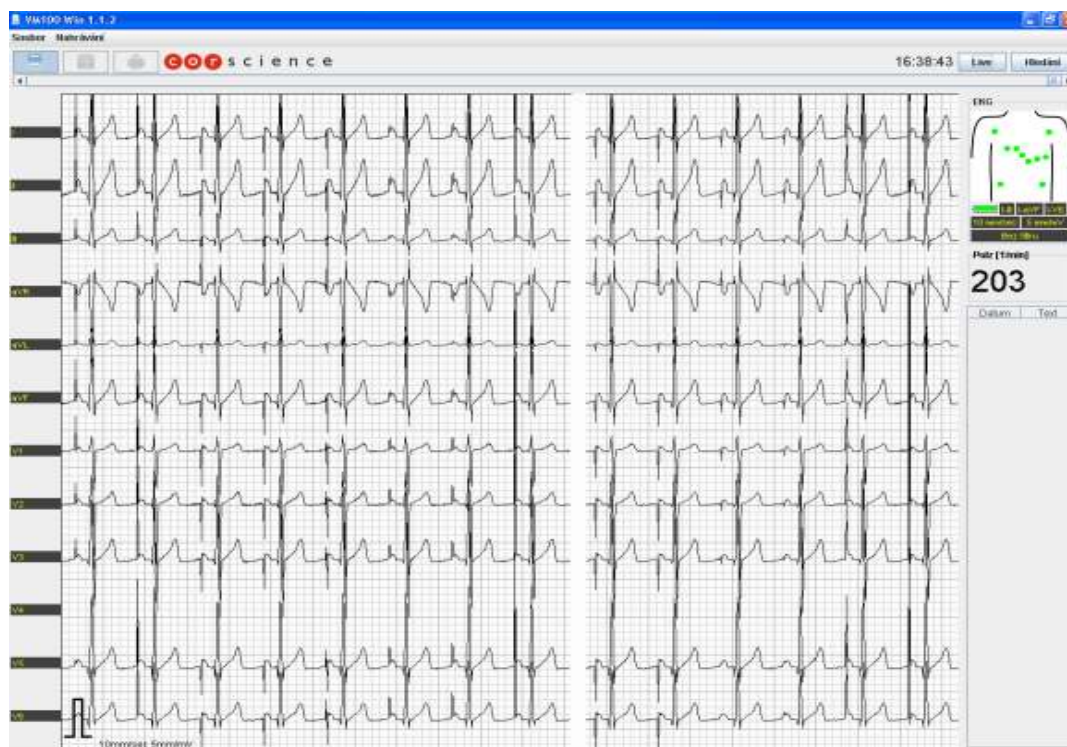
Obr. 20: Demand with occasional sinus beats = Na požádání s nahodilým sinusovým pulsem



Obr. 21: Demand with frequent sinus beats = Na požádání s pravidelným sinusovým pulsem



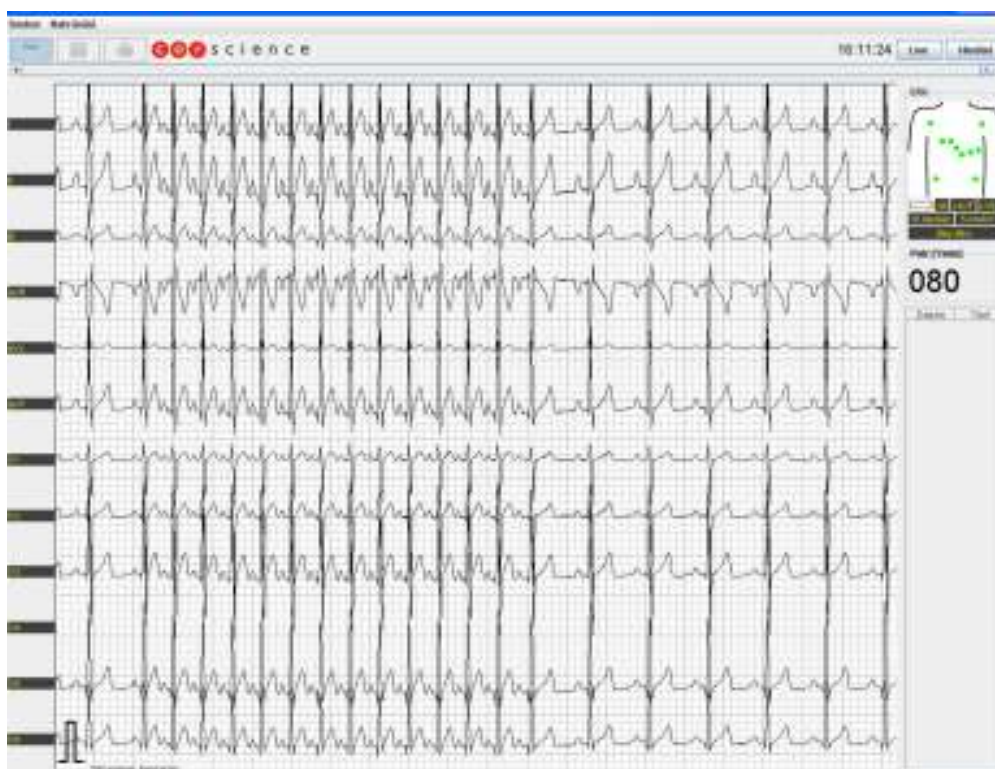
Obr. 22: Asynchronous = Asynchronní (nesoudobý)



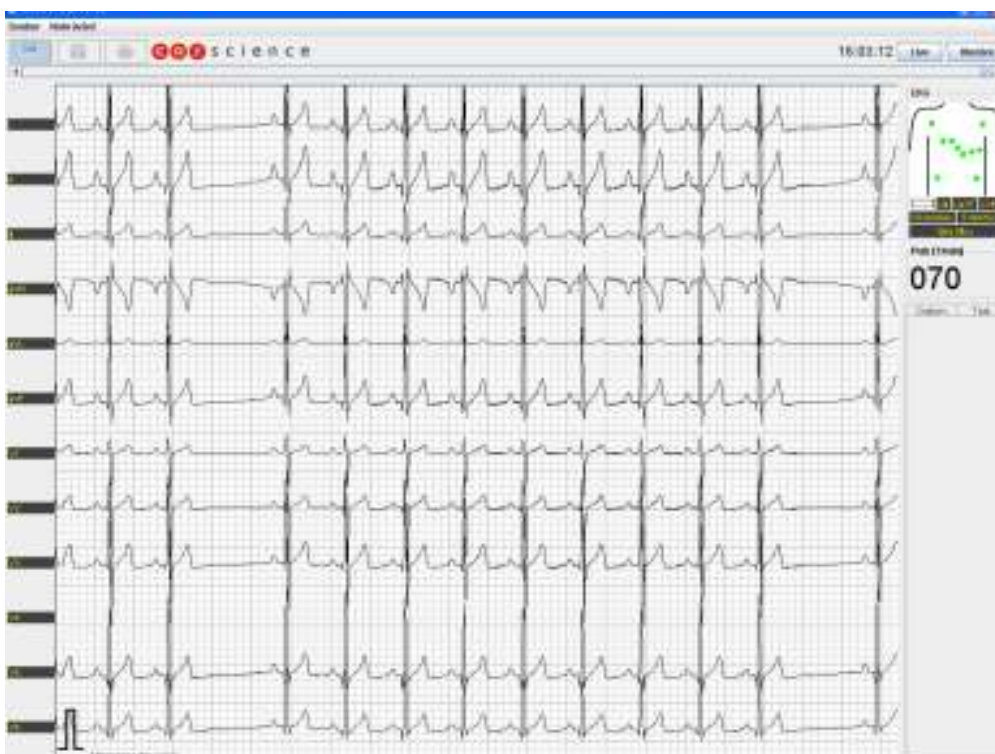
Obr. 23: Atrial tachycardia = Sínová tachykardie



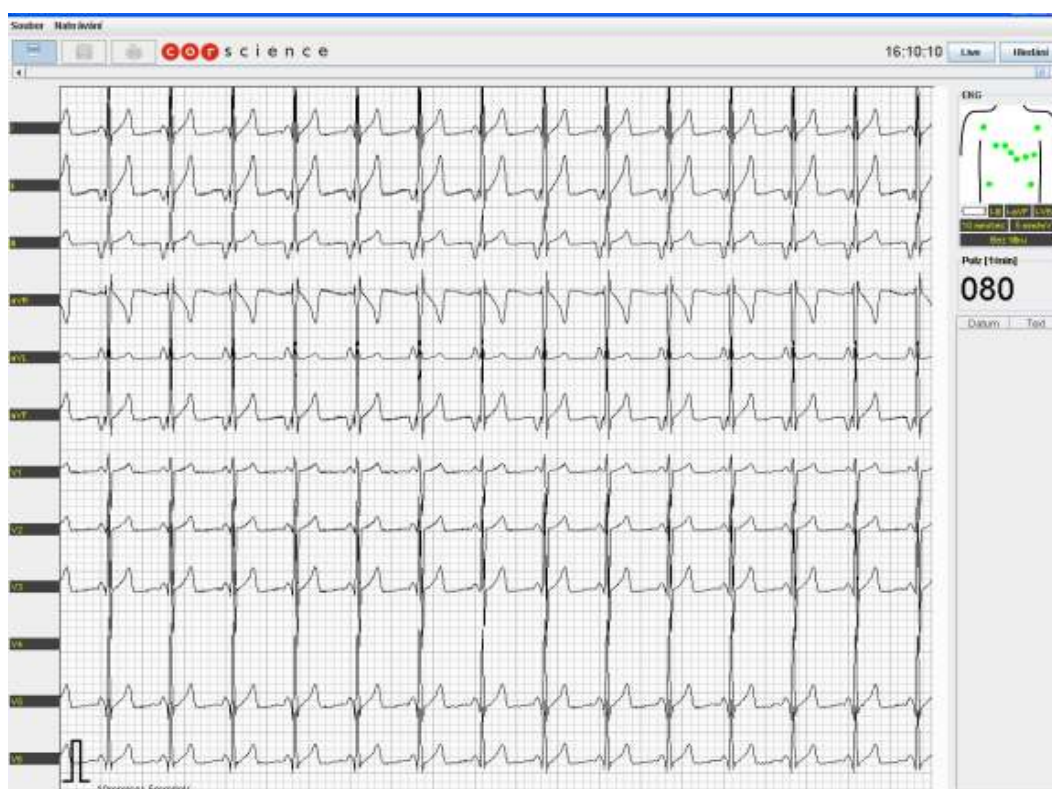
Obr. 24: Non-function = Nefunkční kardiostimulátor



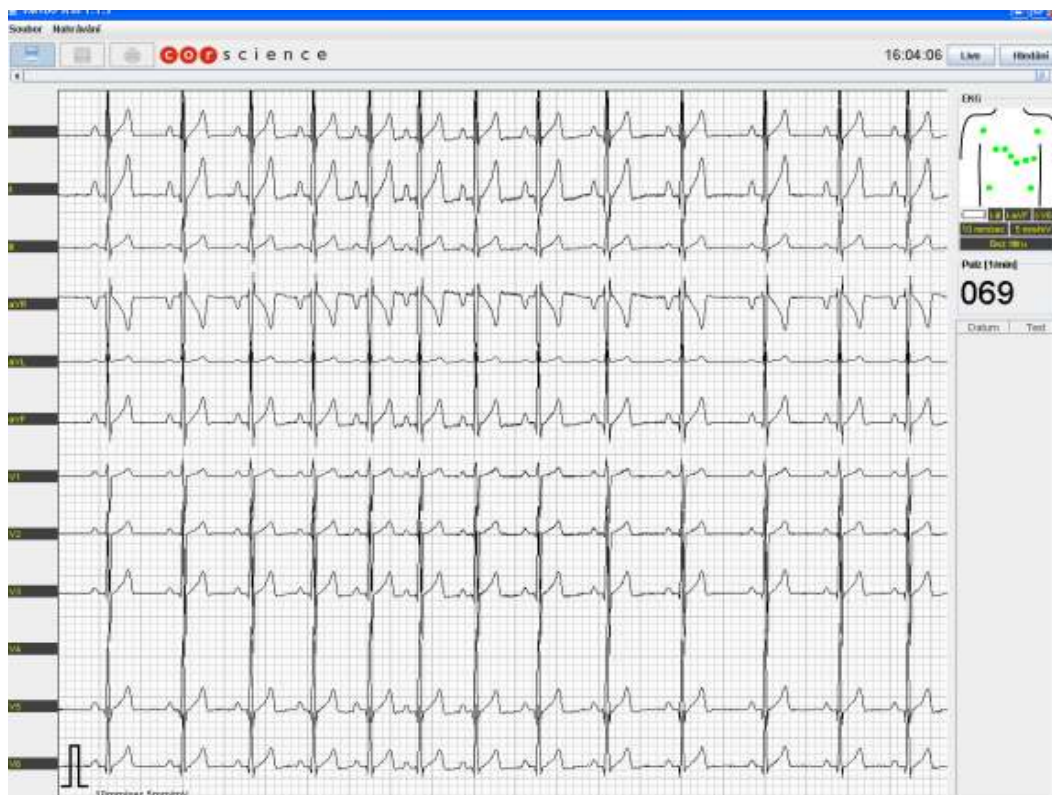
Obr. 25: Paroxysmal atrial tachycardia = Paroxysmální (záchvatovitá) síňová tachykardie (PAT)



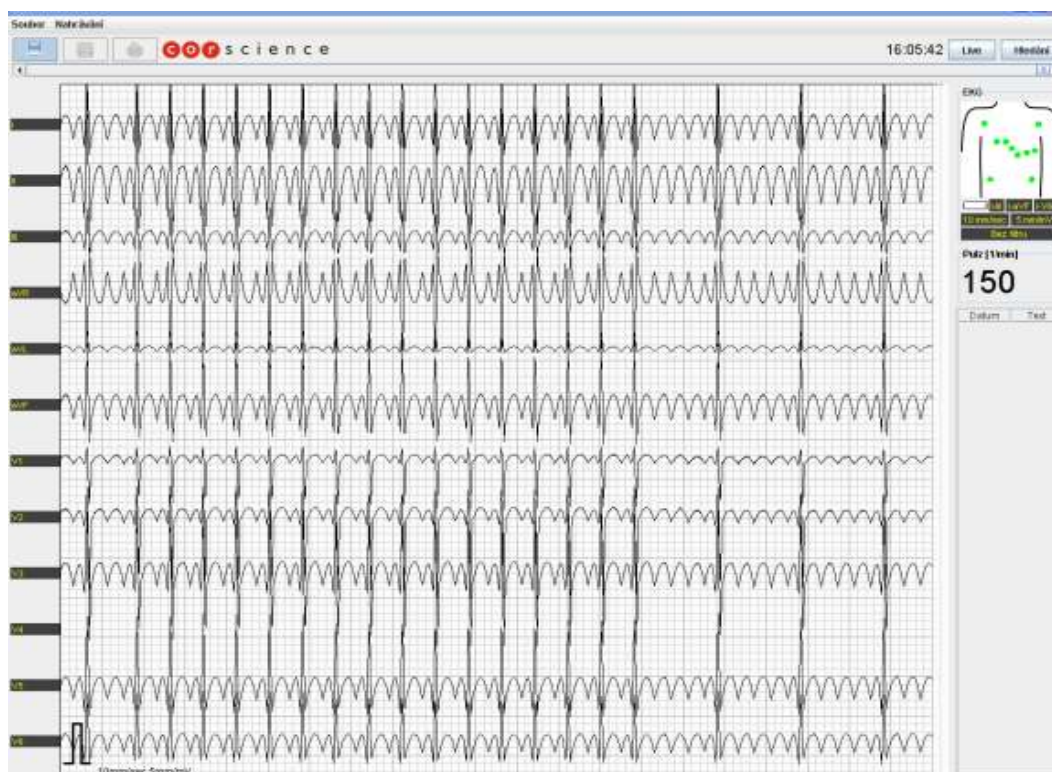
Obr. 26: Missed beat = Sinusová zástava



Obr. 27: Nodal rhythm = Uzlový rytmus



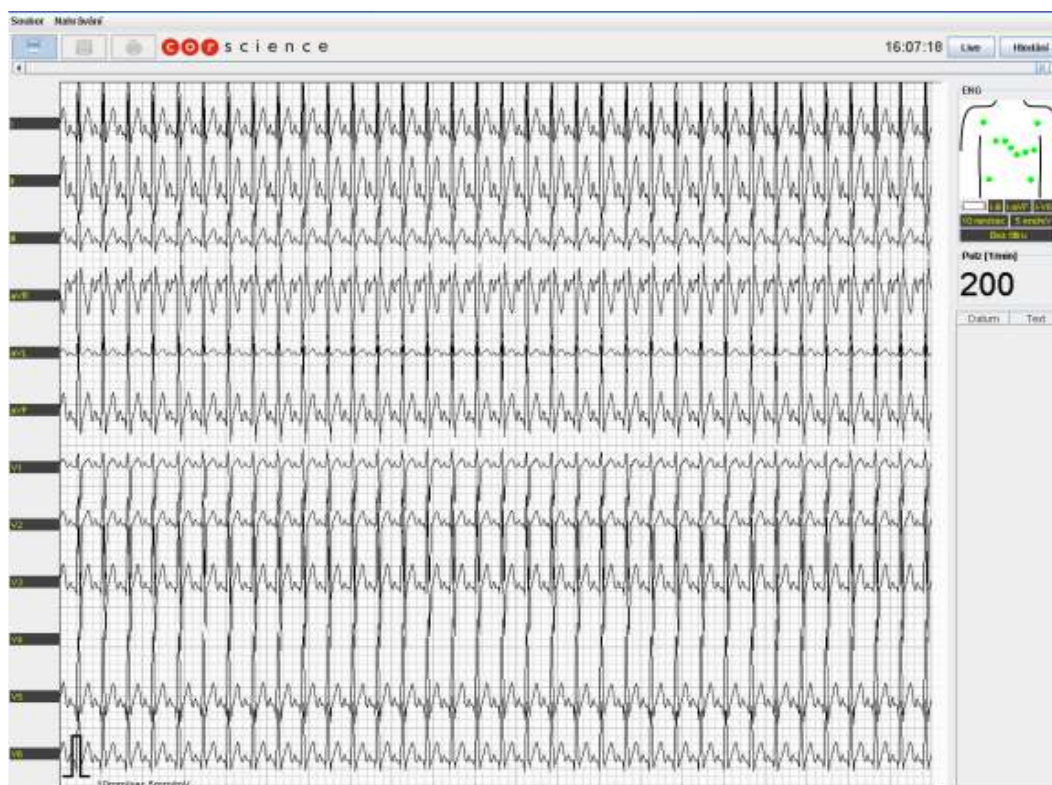
Obr. 28: Sinus Arrhythmia = Sinusová arytmie



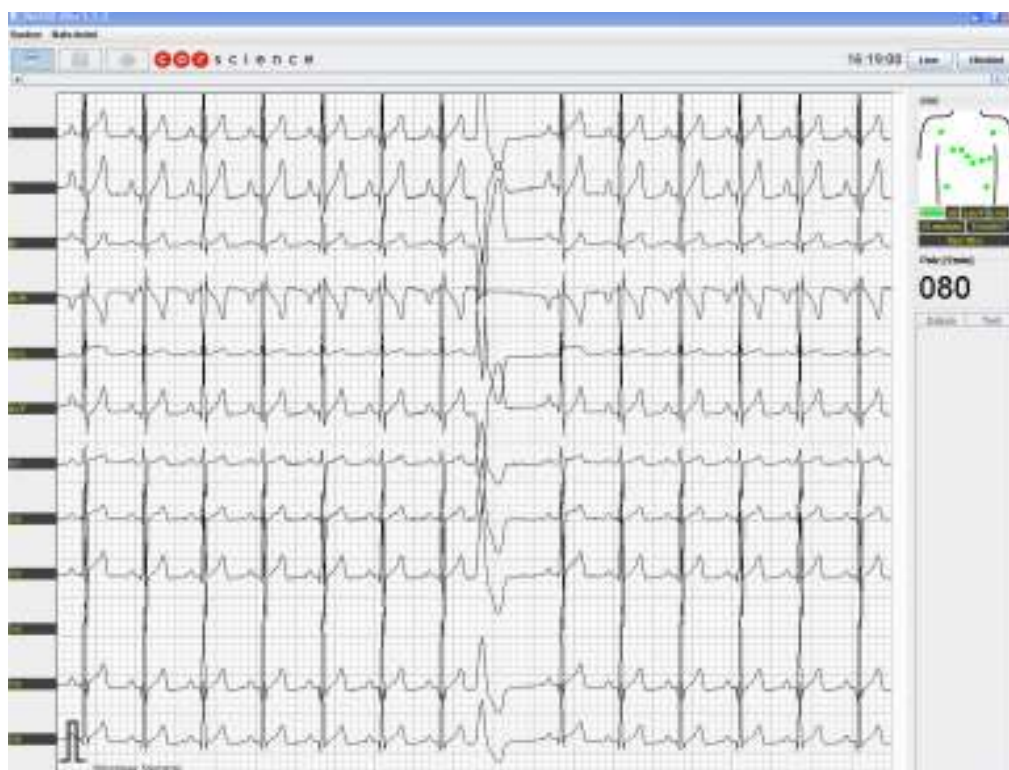
Obr. 29: Atrial Flutter = Sínový flutter (Patologické kmitání srdečních síní)



Obr. 30: Atrial fibrillation = Sínová fibrilace



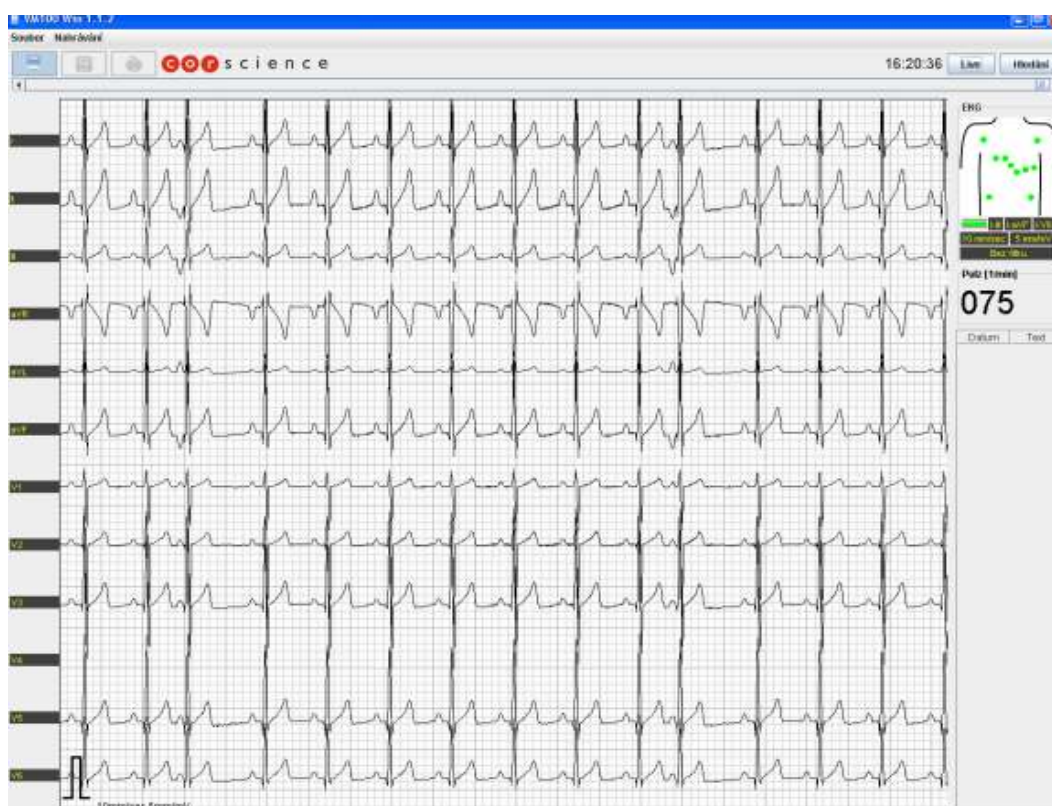
Obr. 31: Supraventricular tachycardia = Supraventrikulární tachykardie



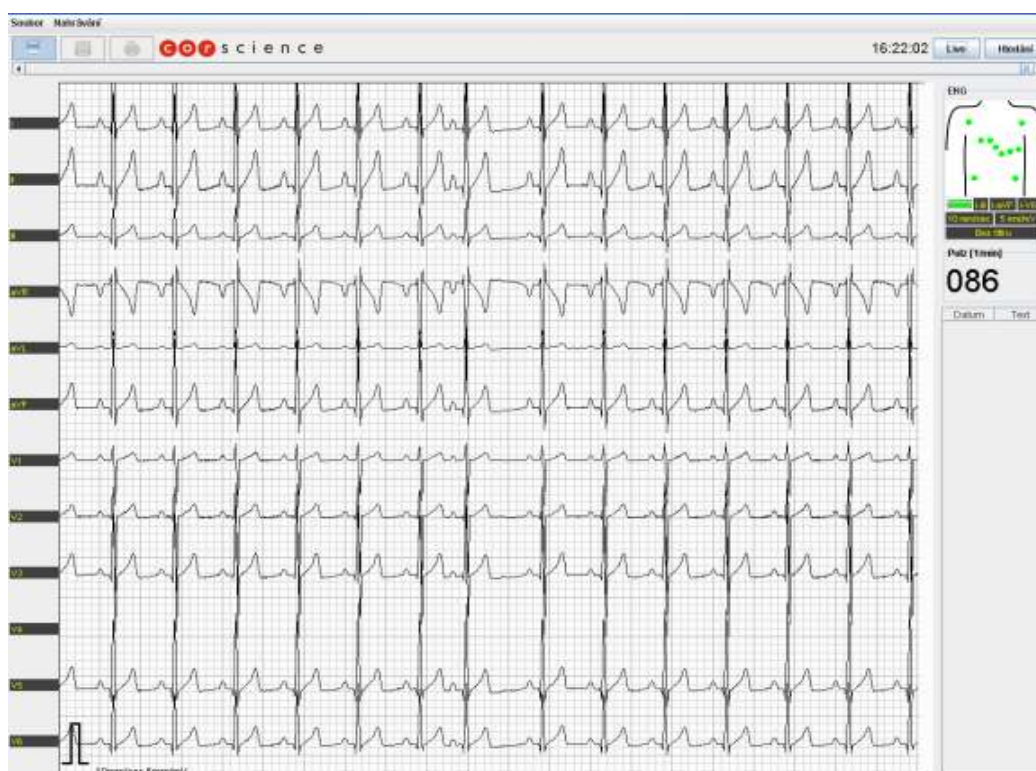
Obr. 32: PVC2 LV Early = Předčasná kontrakce levé komory 2 časná



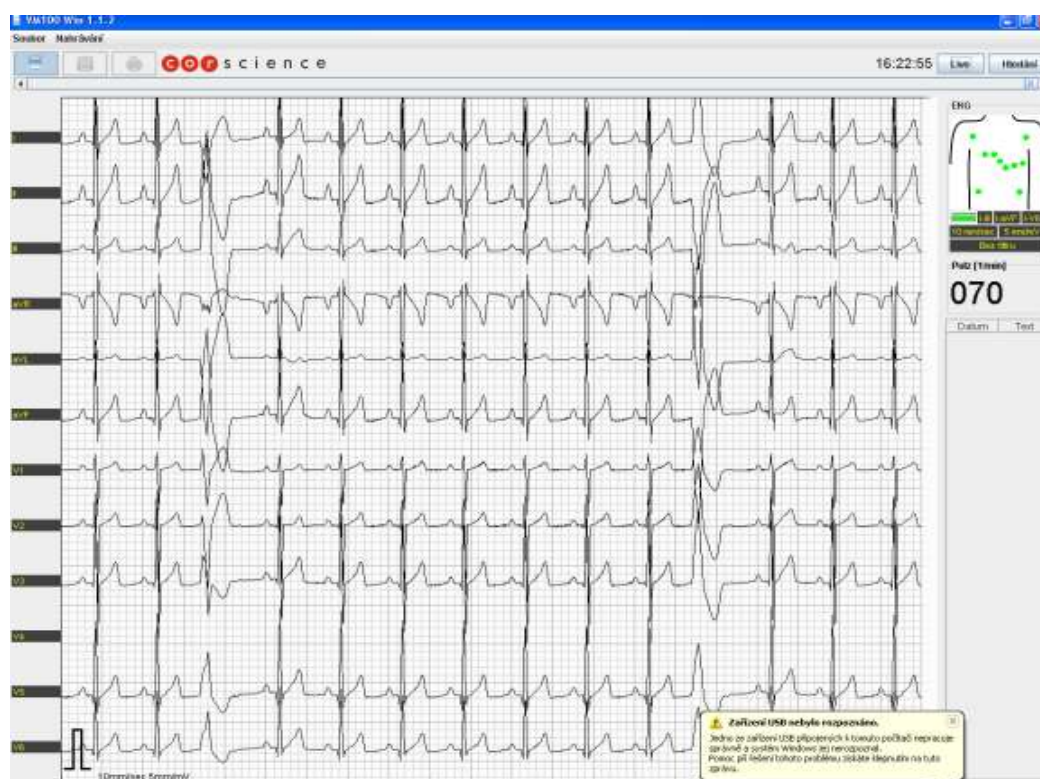
Obr. 33: PVC2 Left Ventricle = Předčasná kontrakce levé komory 2



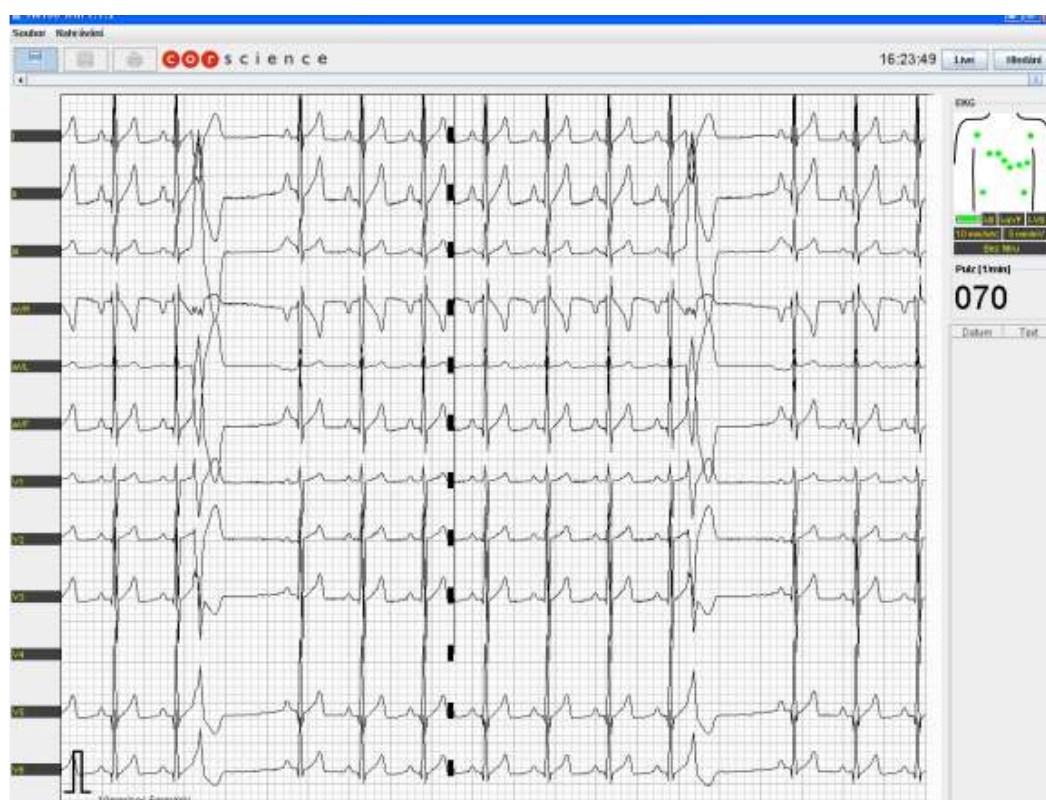
Obr. 34: Nodal PNC = Předčasná uzlová kontrakce (PNC)



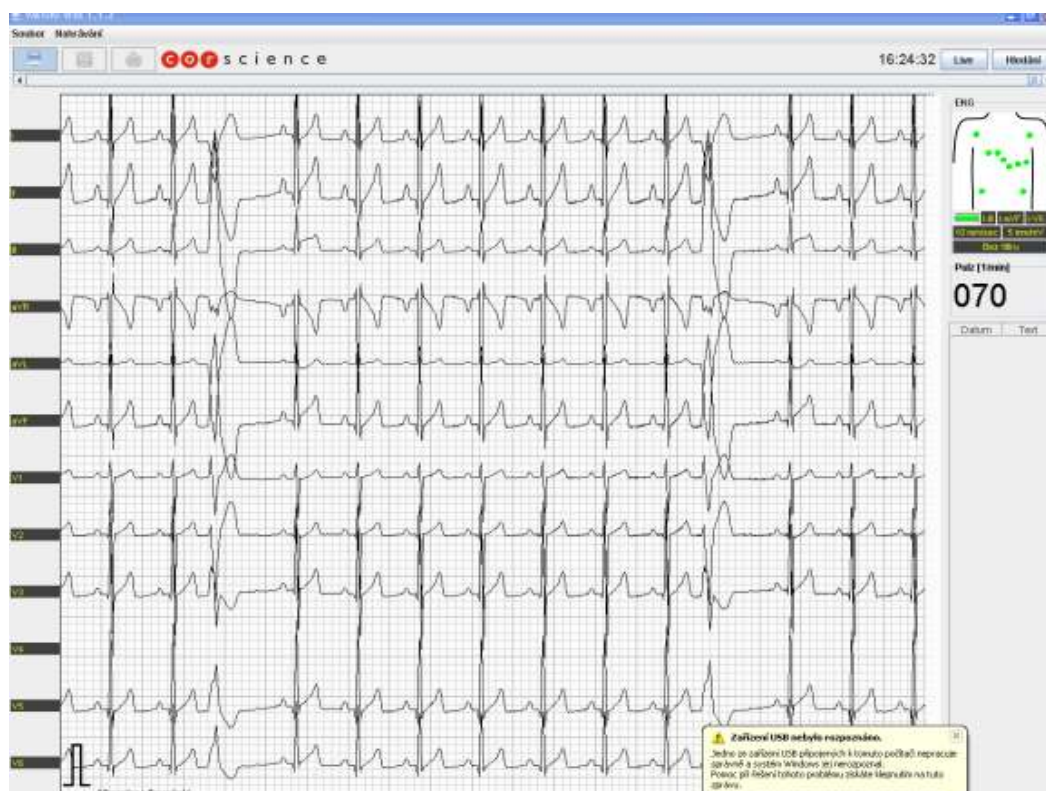
Obr. 35: Atrial PAC = Předčasná síňová kontrakce (PAC)



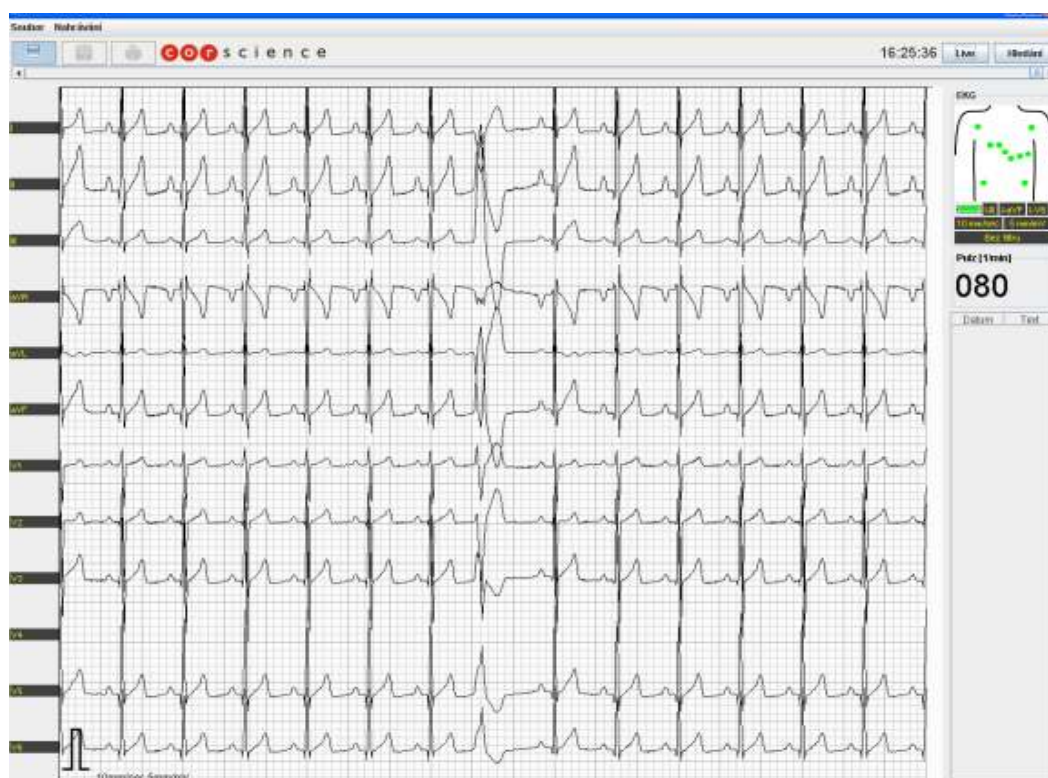
Obr. 36: Multifocal PVCs = Multifokální předčasná komorová kontrakce



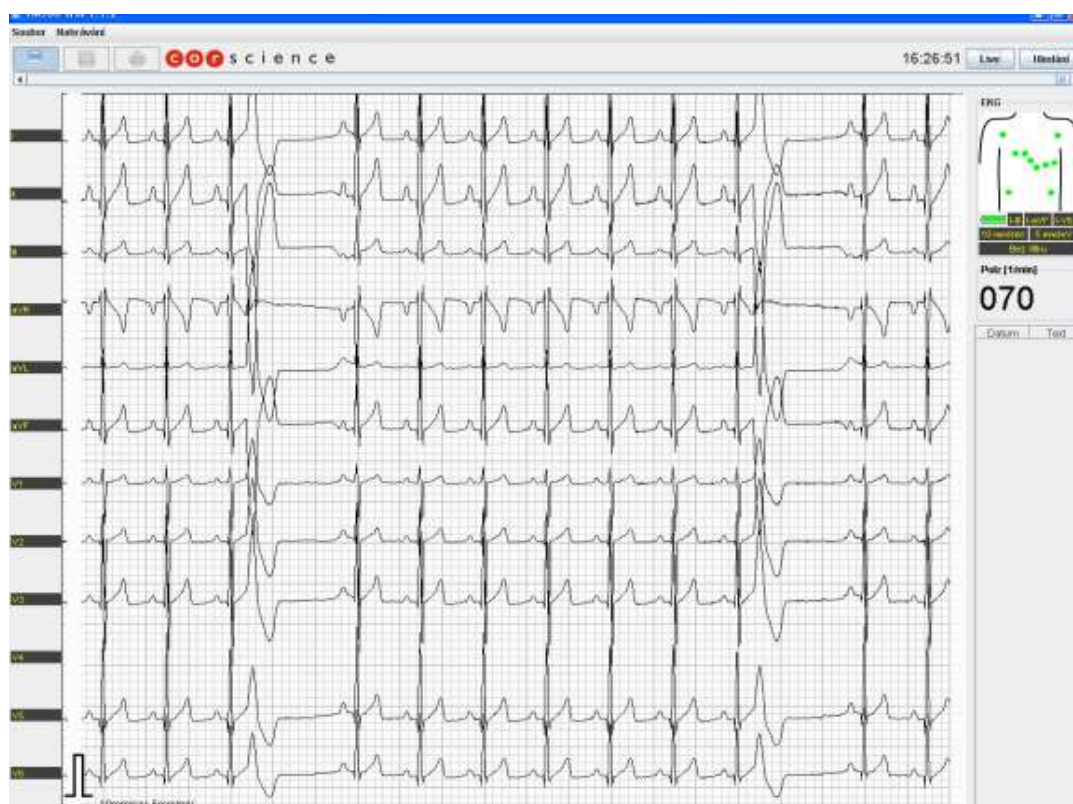
Obr. 37: PVC2 RV R on T = Předčasná kontrakce pravé komory 2 R na T



Obr. 38: PVC2 RV Early = Předčasná kontrakce pravé komory 2 časná



Obr. 39: PVC2 Right Ventricle = Předčasná kontrakce pravé komory 2



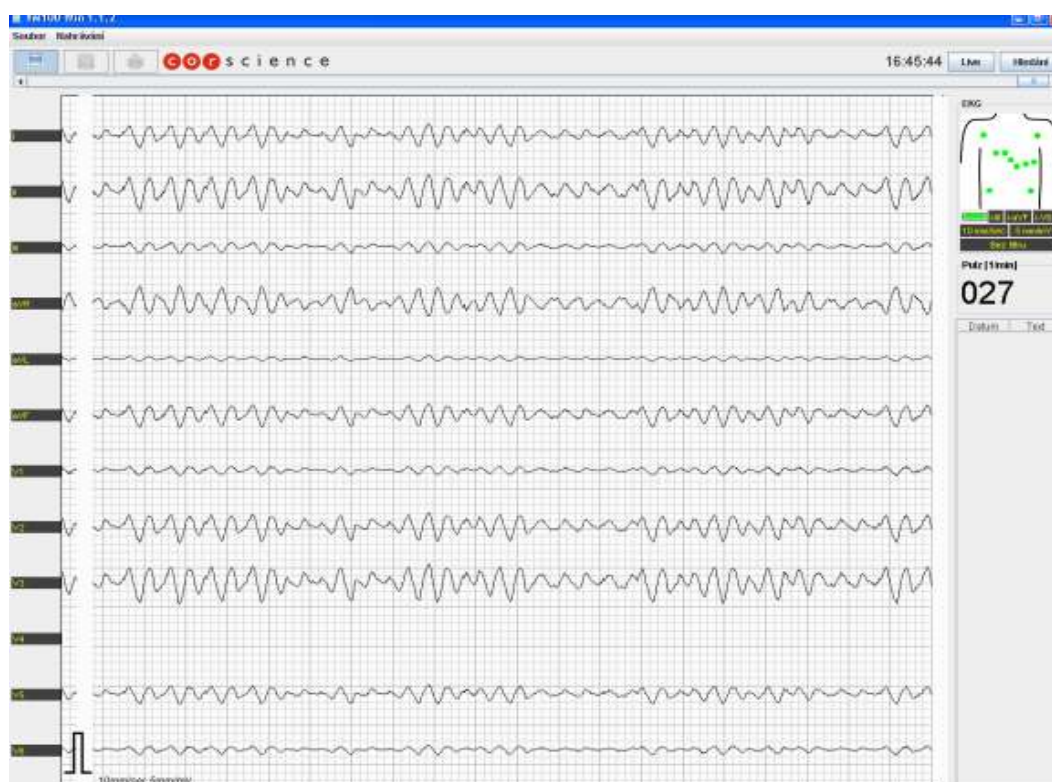
Obr. 40: PVC1 LV R on T = Předčasná kontrakce levé komory 1 R na T



Obr. 41: Asystole = Asystolie



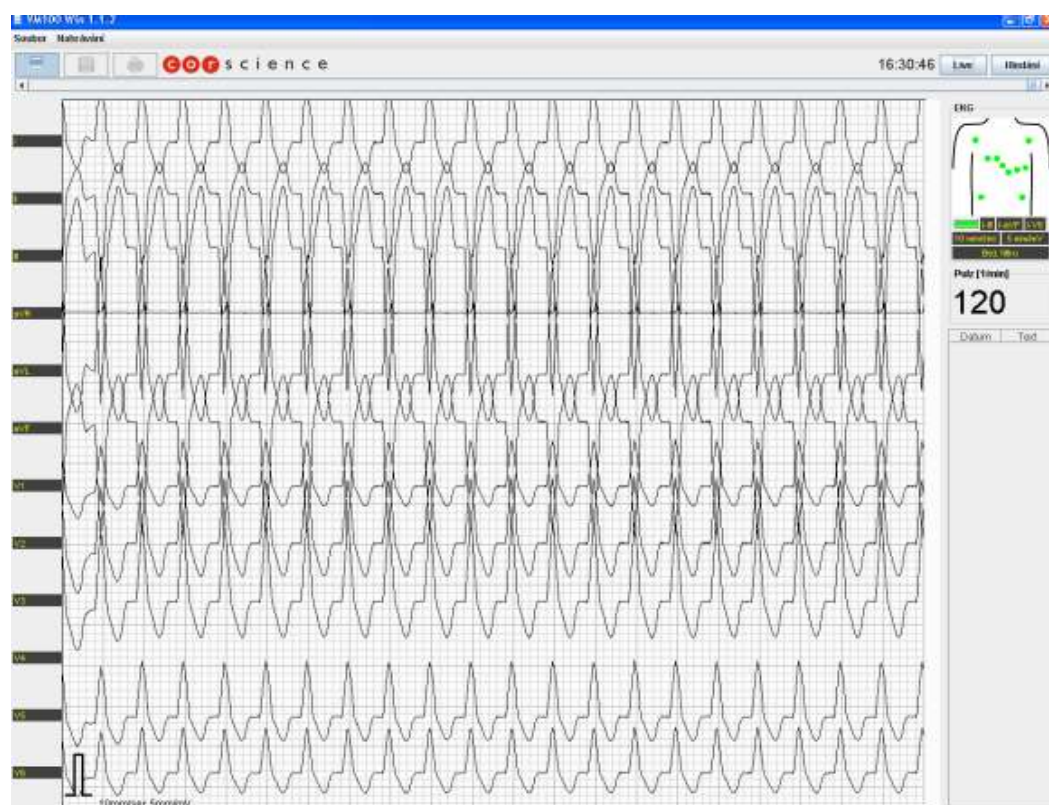
Obr. 42: Ventricular Fibrillation: Coarse = Komorová fibrilace – hrubá



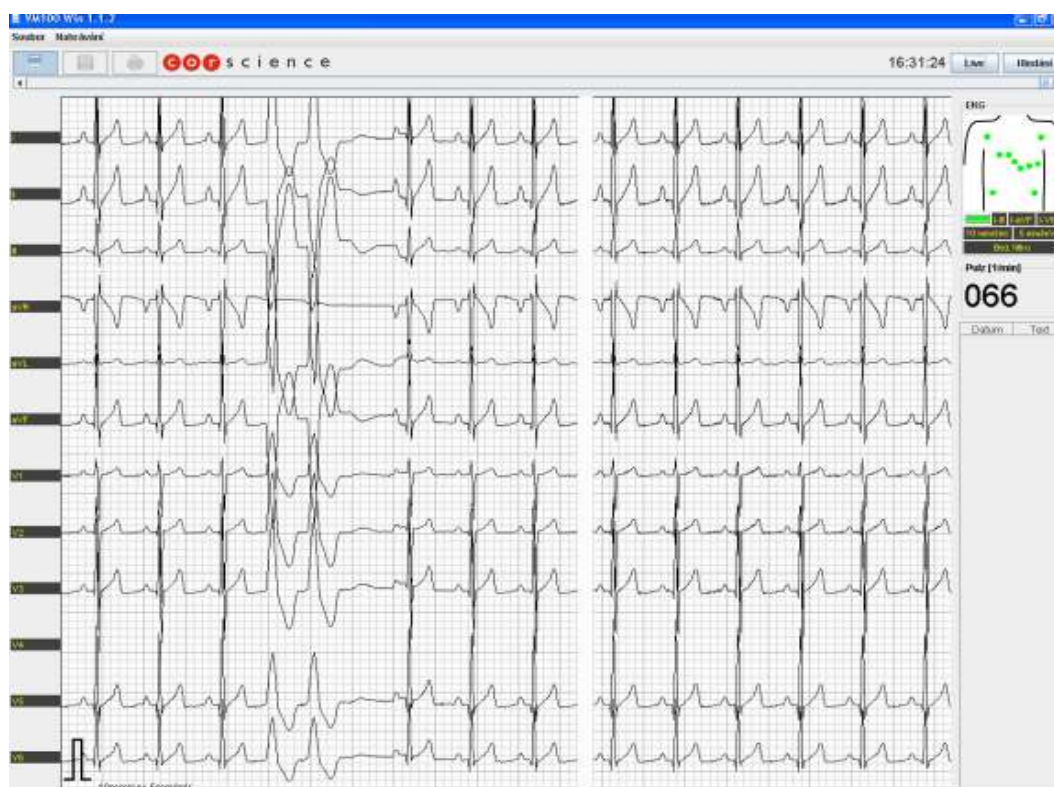
Obr. 43: Ventricular Fibrillation: Fine = Komorová fibrilace – čistá



Obr. 44: Polymorphic Ventricular Tachycardia = Polymorfní komorová tachykardie



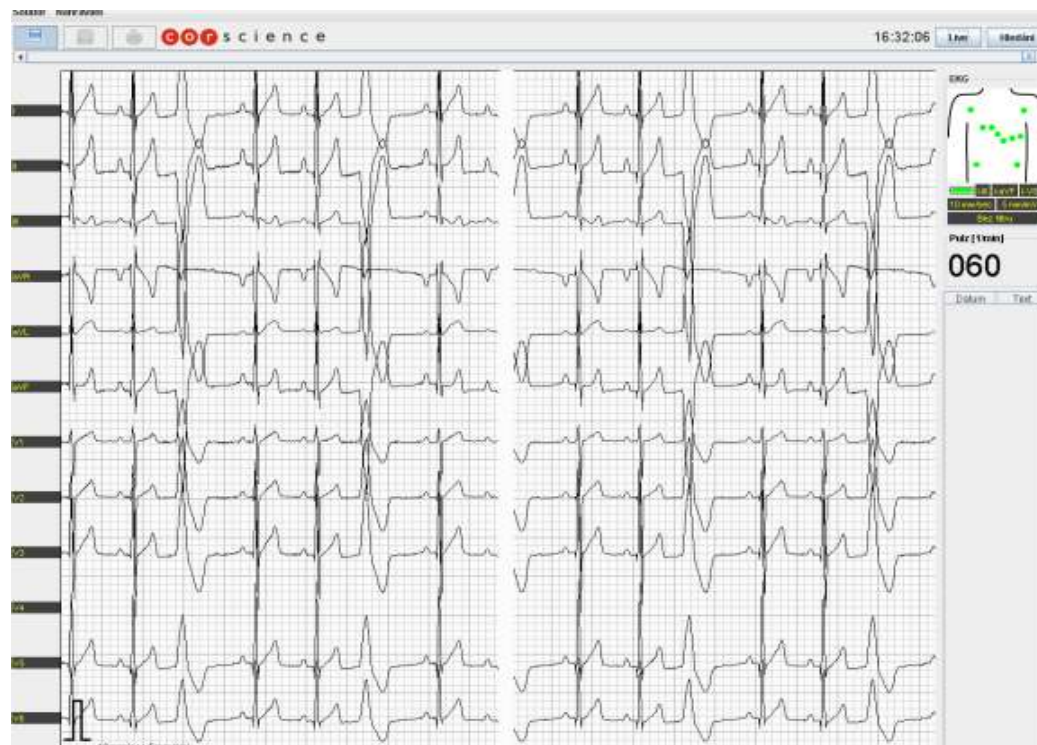
Obr. 45: Monomorphic Ventricular Tachycardia = Monomorfní komorová tachykardie



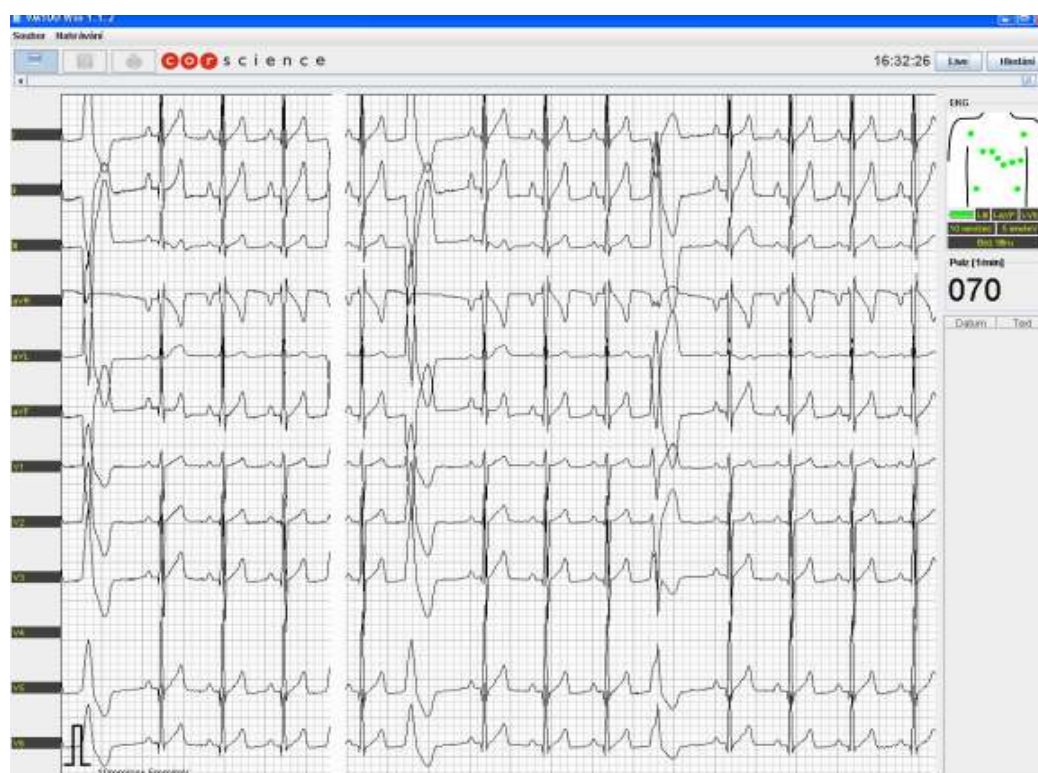
Obr. 46: Pair PVCs = Dvojice předčasných komorových kontrakcí



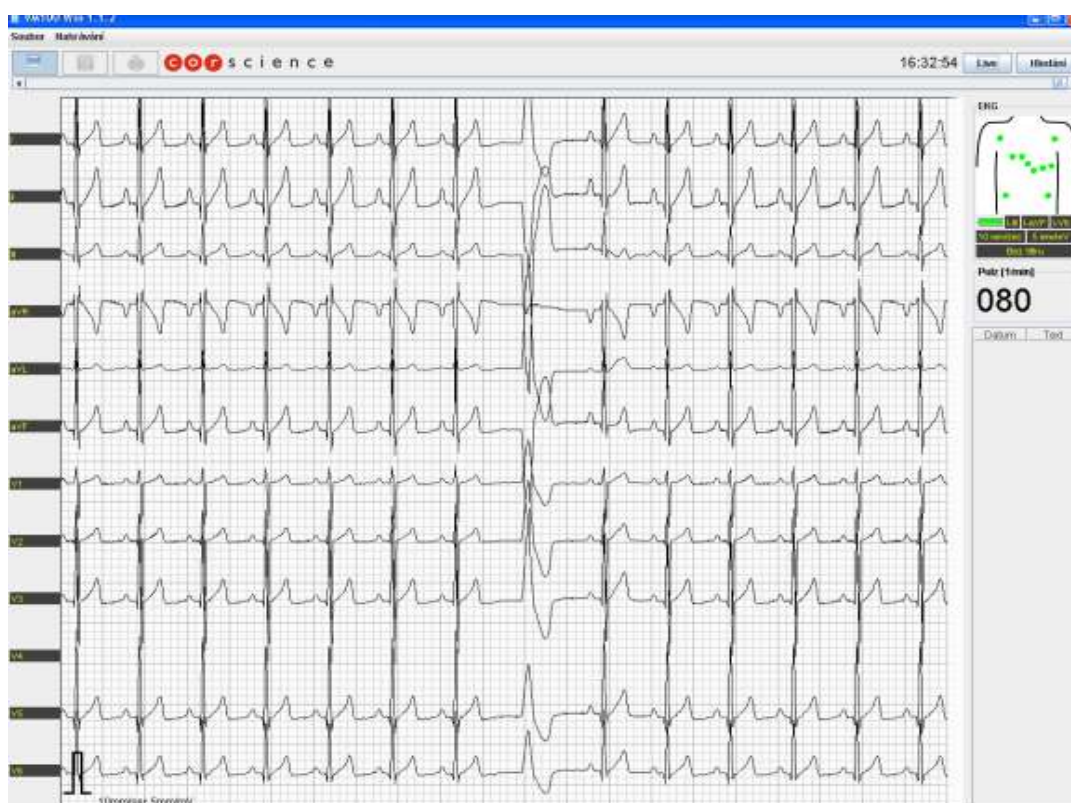
Obr. 47: Bigeminy



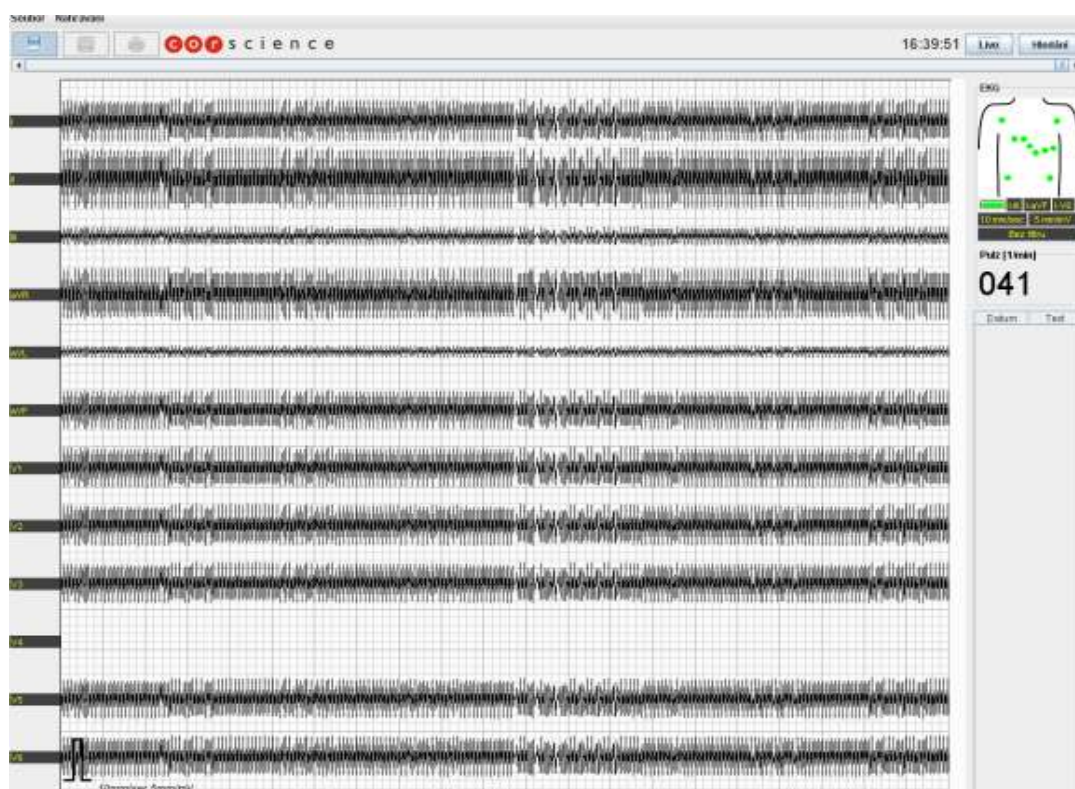
Obr. 48: Trigeminy



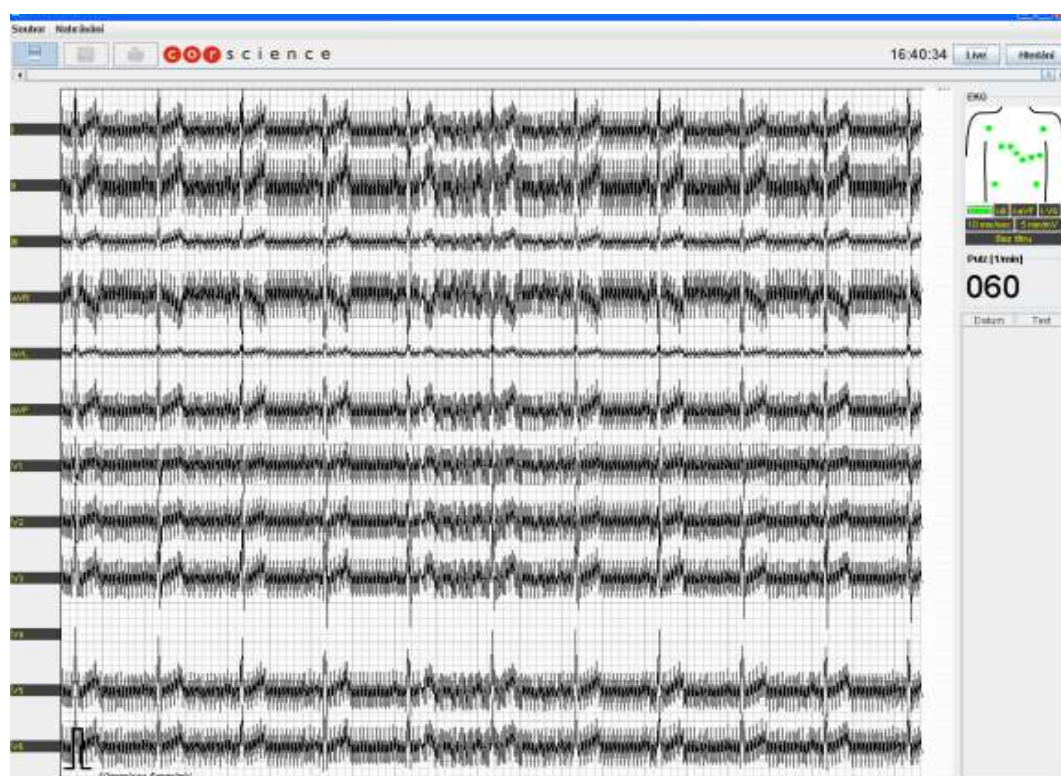
Obr. 49: Freq Multifocal = Multifokální frekvence



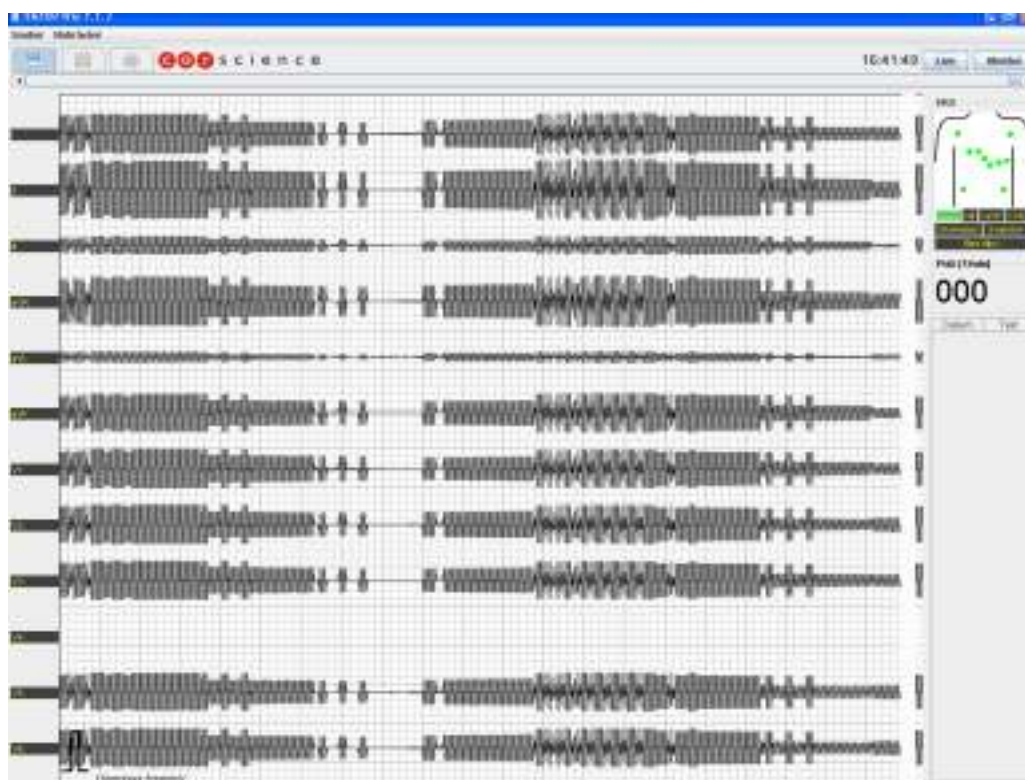
Obr. 50: PVCs (Premature ventricular contraction) = Předčasná komorová kontrakce



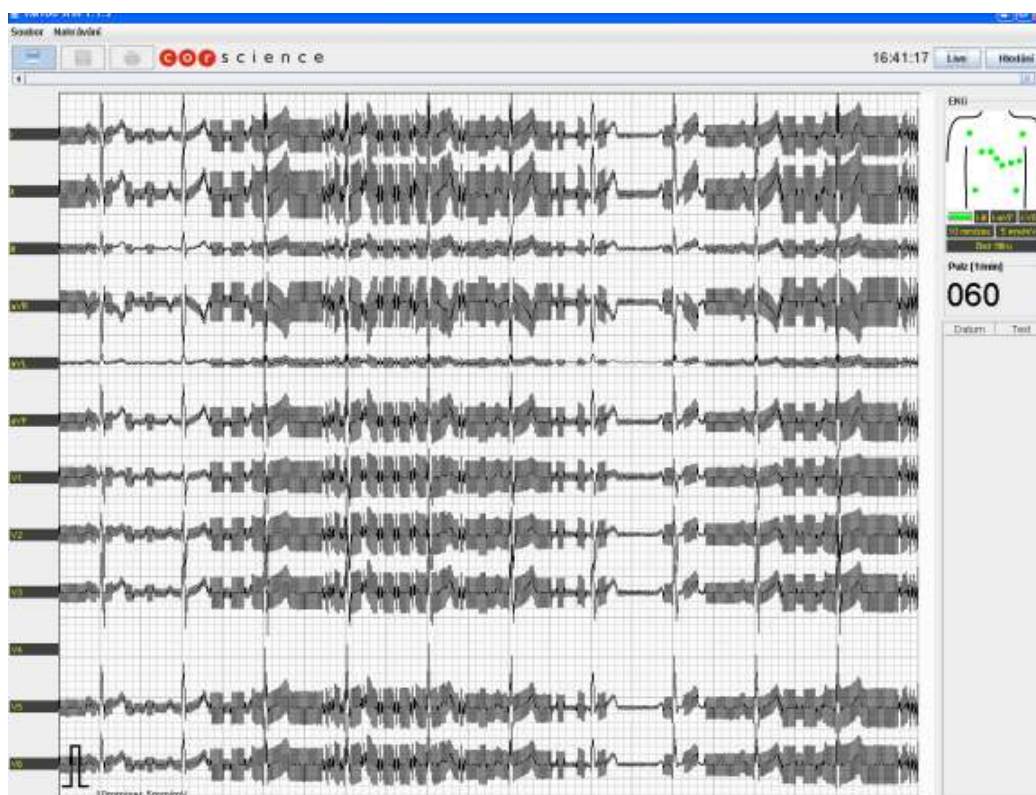
Obr. 51: Noise Immunity (60 Hz) = Rušení sítě - EKG vlny vypnuty (60 Hz)



Obr. 52: Noise Immunity (60 Hz) = Rušení sítě - EKG vlny zapnuty (60 Hz)



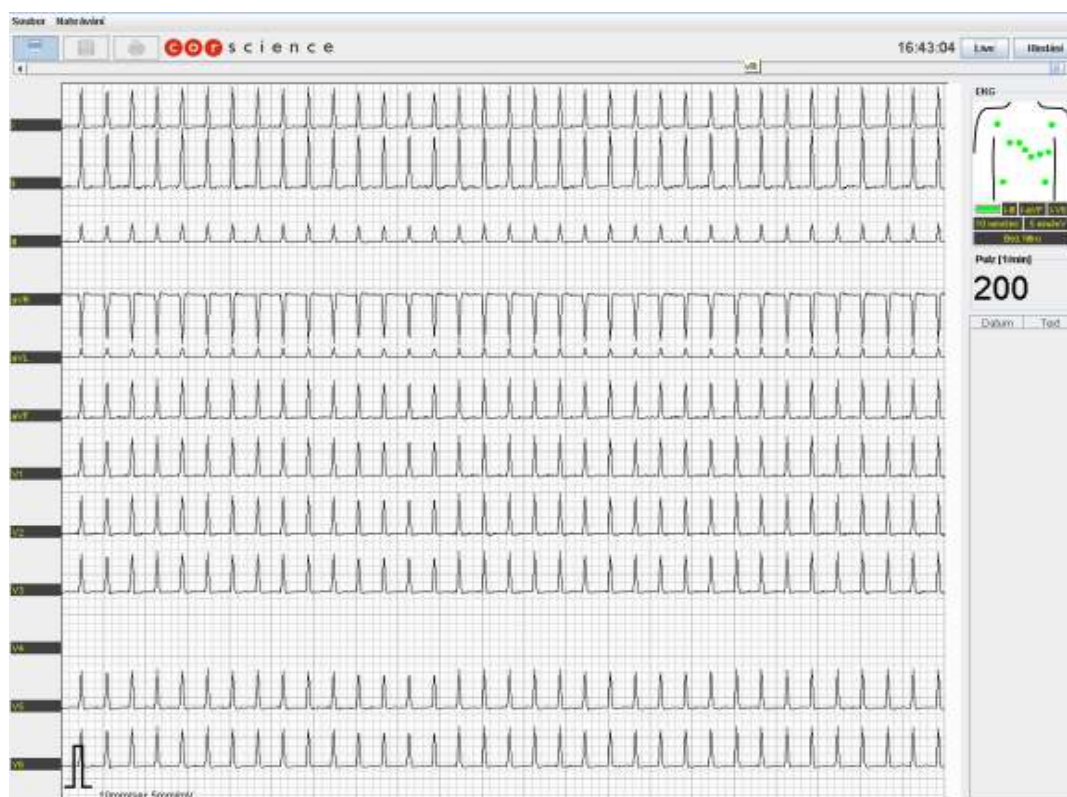
Obr. 53: Noise Immunity (50 Hz) = Rušení sítě - EKG vlny vypnuty (50 Hz)



Obr. 54: Noise Immunity (50 Hz) = Rušení sítě - EKG vlny zapnuty (50 Hz)



Obr. 55: R-Wave Detection = Detekce R - vlny (60 BPM)



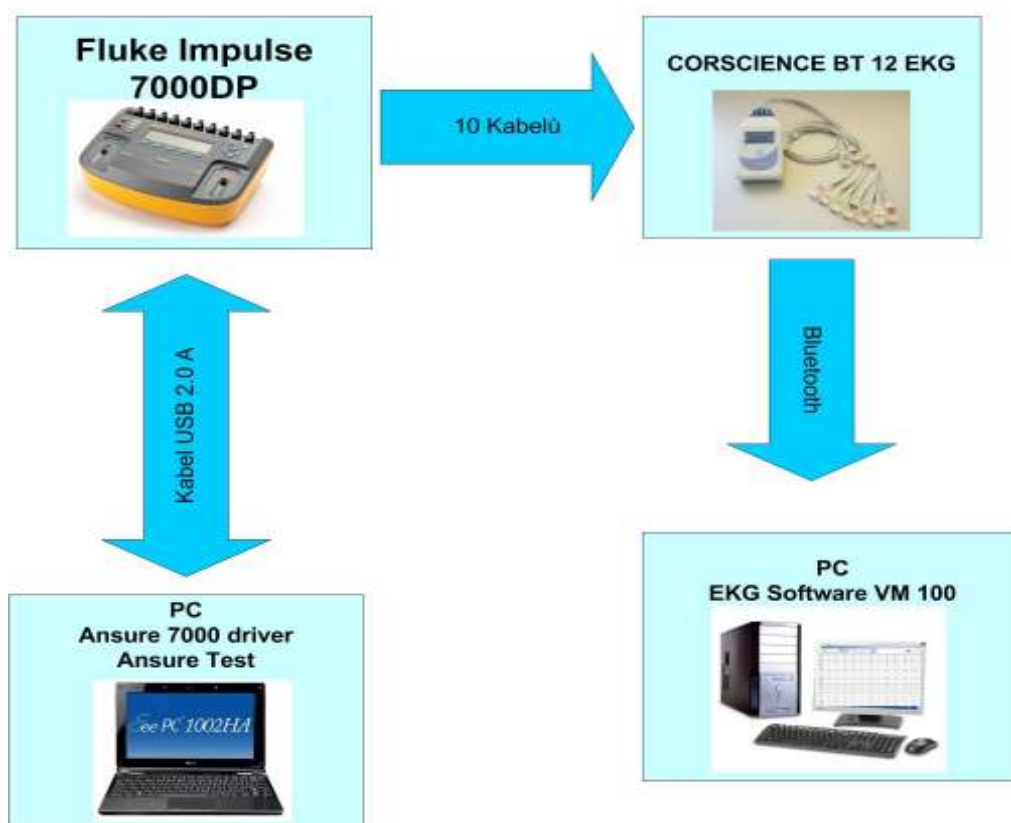
Obr. 56: R-Wave Detection = Detekce R - vlny (200 BPM)

[9],[10],[11],[12]

5. Návrh a realizace měřicího řetězce

5.1 Návrh měřicího řetězce

Součástí měřicího řetězce je osobní počítač se softwarem Ansure 7000 driver a Ansure test. Počítač je propojen pomocí USB kabelu s EKG testerem Fluke Impulse 7000DP. Na tester připevníme 10 elektrod 12 svodového EKG Corscience BT 12, které využívá bezdrátové technologie Bluetooth k přenosu naměřených dat. Naměřená data jsou zaznamenávána dalším počítačem, jehož součástí je software VM 100 (firma Corscience), který v reálném čase zaznamenává EKG signál, puls a také kontroluje připojení elektrod.



Obr. 57: Návrh měřicího řetězce

5.2 Realizace měřicího řetězce

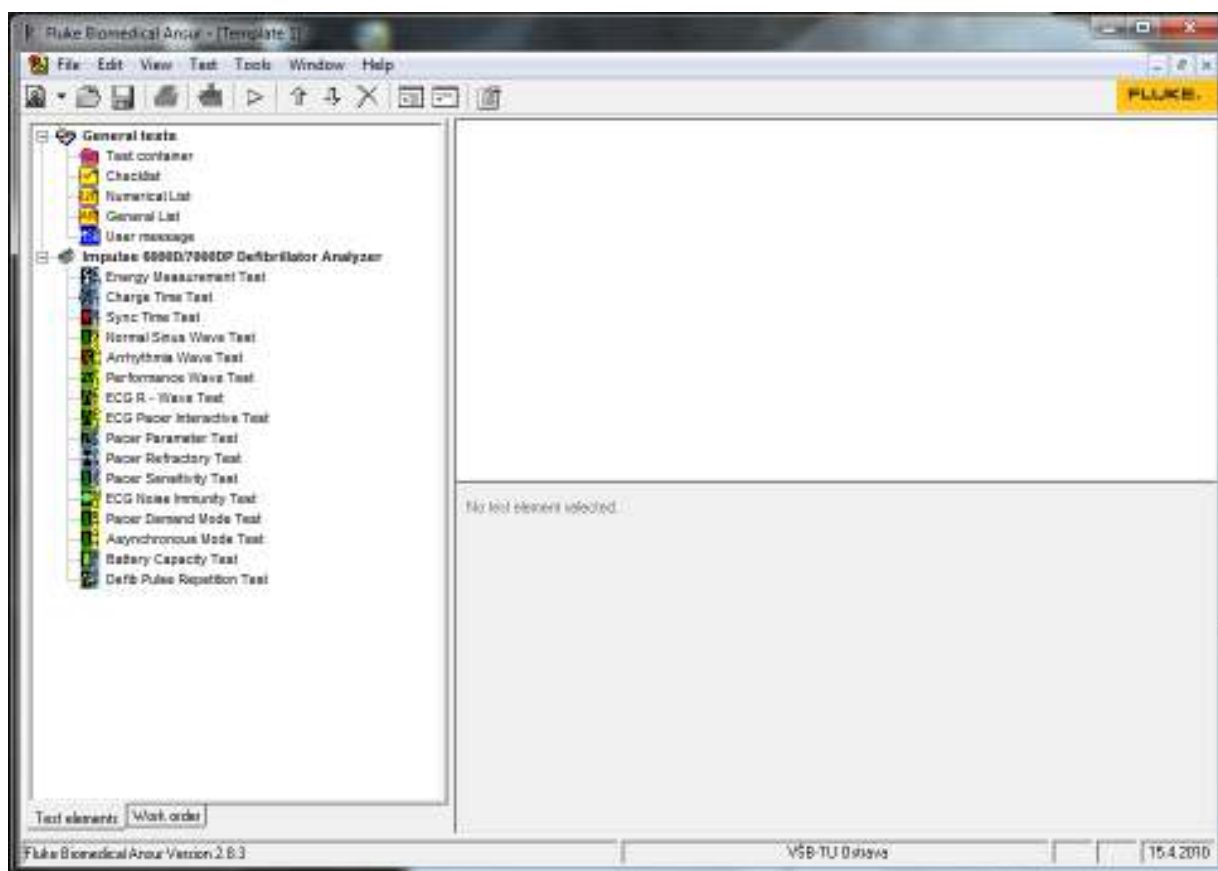
Měřicí řetězec sestavený v laboratorních podmínkách. Na fotografii můžeme vidět osobní počítač se softwarem Ansur, který nám umožňuje vytváření testovacích procedur, propojený s testerem Fluke Impulse 7000DP, na kterém je připojeno 10 elektrod bezdrátového elektrokardiografu Corscience BT 12. Toto EKG nám umožňuje sledovat hodnotu pulsu zároveň na displeji a takové pomocí Bluetooth technologie na dalším osobním počítači, který obsahuje Corscience software VM 100 umožňující sledování testovaných EKG průběhů.



Obr. 58: Realizace měřicího řetězce

6. Vytváření testů v programu Ansur

Chceme-li vytvořit test, můžeme si vybrat z obecných (general) nebo předem definovaných testů. Obecné testy nabízí možnosti pro vytvoření testů typu checklist, general list a numerical list. Předdefinované testy obsahují testy, které byly vytvořeny speciálně pro určitý typ přístroje, v našem případě Impulse 6000/7000DP Defibrillator Analyzer. Každý z těchto předdefinovaných testů lze upravit a uložit zvlášť. Nabízejí širší možnosti využití programu. Pouze pomocí těchto testů je možno dálkově spustit test na analyzátoru.



Obr. 59: Program Ansur - rozhraní

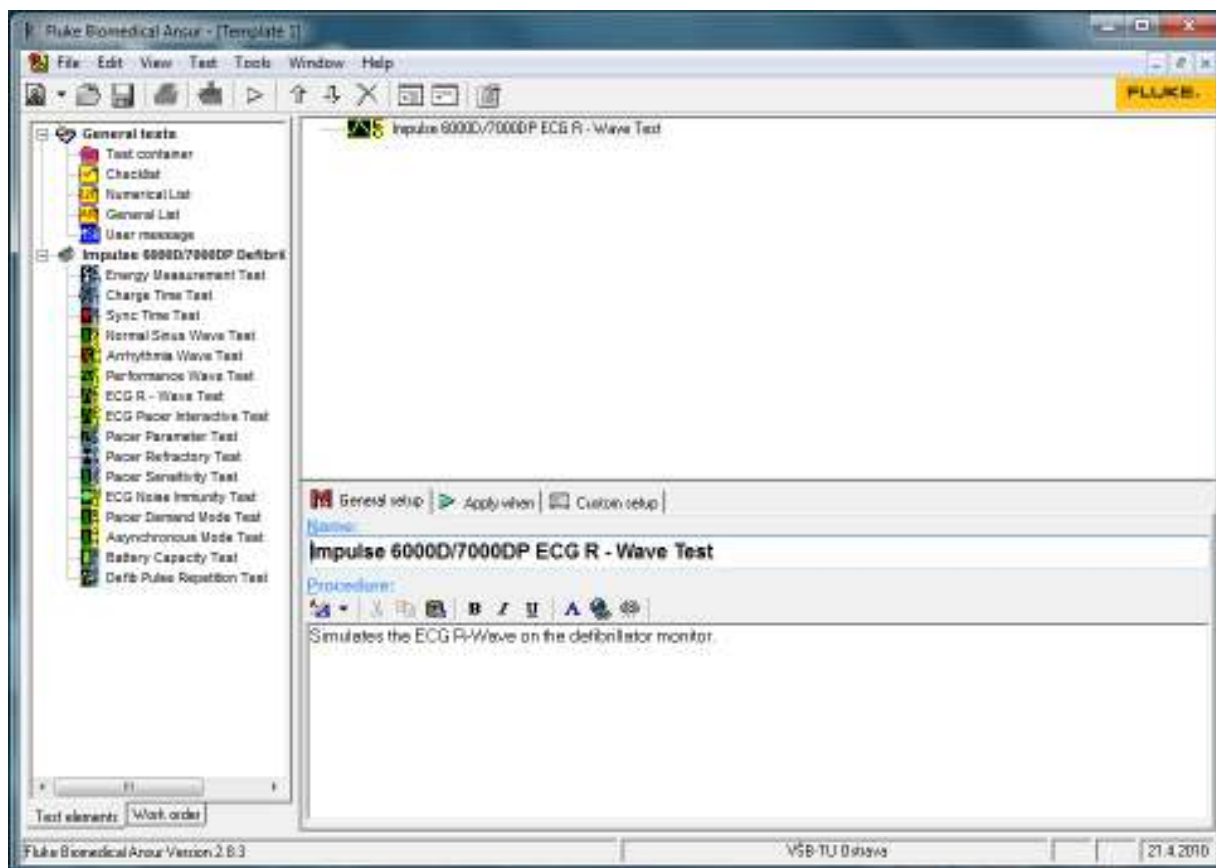
Přetažením požadovaného typu testu z levé části okna do pravé vytvoříme nový test. Testy lze uspořádat do složek, mazat či vzájemně řadit. Když spustíme projekt, kliknutím na tlačítko run, zobrazí se přednostně položka testu umístěná v hierarchii testů nejvýše, každým dalším kliknutím na tlačítko next se spustí test umístěný pod stávajícím testem.

Checklist je test, ve kterém se odpovídá na libovolnou otázku odpovědí ano nebo ne.

Numerical List je test, ve kterém se na otázku odpovídá vepsáním číselné hodnoty do příslušného políčka. Dále je zde možno nastavit různé limity a to jak pevné, tak dynamické.

General List je test, u něhož je odpověď složená z textového nebo číselného řetězce. Tento typ testu má jako výsledek vždy hodnotu True (pravdivý).

Jako příklad za všechny uvedeme způsob vytvoření testu pro simulaci R vlny. Opět, stejně jako u obecných testů, se vytvoří nový test přetažením názvu testu ze schránky Impulse 6000D/7000DP Defibrillator Analyzer do horního pravého okna.



Obr. 60: Program Ansur po vložení R-Wave Test-u

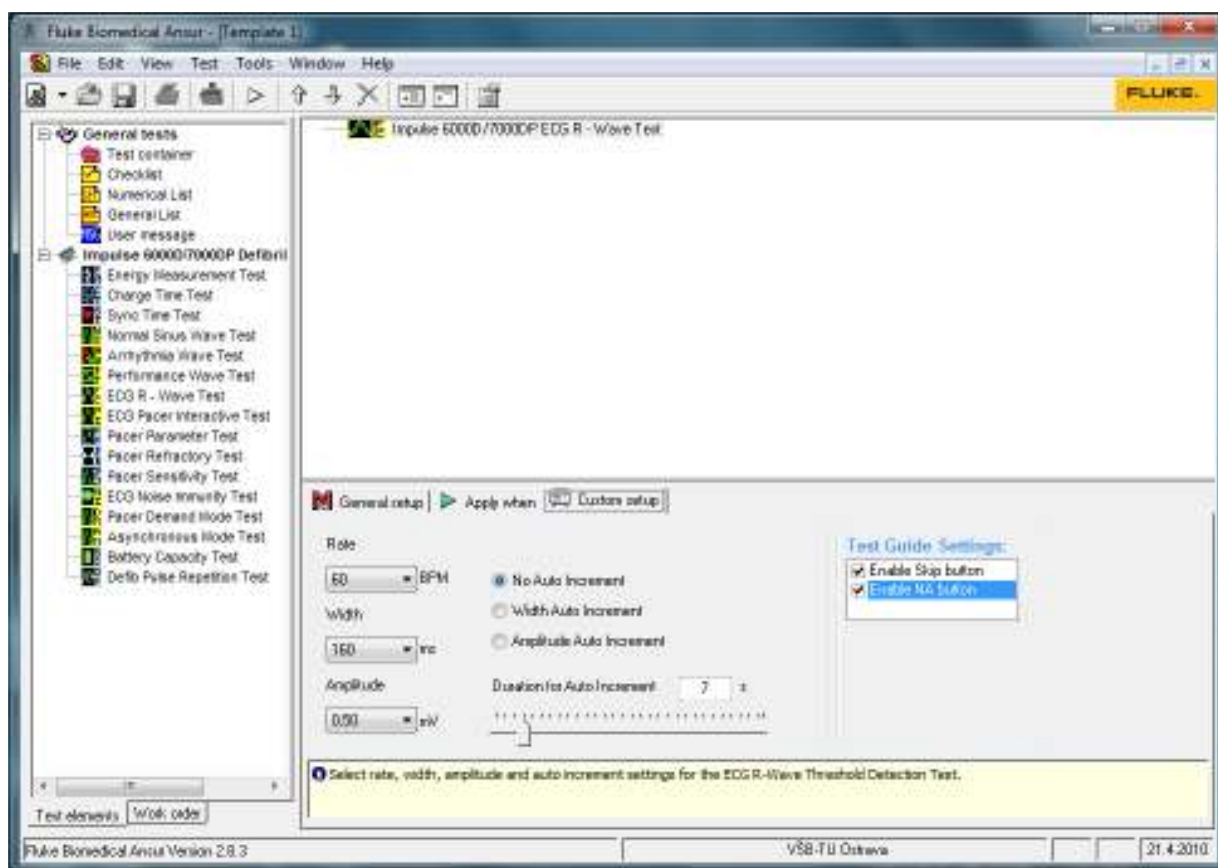
Obrázek č. 60 ukazuje, jak vypadá prostředí Ansur po vložení testu do pravého horního okna. Pod tímto oknem jsou postupně záložky: General setup, Apply when a Custom setup.

V záložce General Setup je možno nastavit název testu (např. Impulse 6000D/7000DP ECG R – Wave Test) a popis testu (Procedure).

V záložce Apply when se dají vložit normy, proti kterým se získané výsledky porovnávají.

Nakonec Custom Setup obsahuje nejzajímavější možnosti, jako nastavení rychlosti tepu (rate), amplitudy (amplitude) a šířky pulsu (width). Obrázek č. 61 znázorňuje program Ansur s vloženým R – Wave testem a přepnutým spodním pravým oknem na záložce Custom setup. Můžeme zde také nastavit automatické navyšování hodnoty po stanoveném časovém intervalu.

V části označené jako Test Guide Settings můžeme odškrtnout, že nechceme umožnit Skip button (test nebude možné přeskočit) anebo NA button (test nebylo možné vyhodnotit, případně aplikovat). Po stisknutí tlačítka Start the selected template se námi vytvořený test spustí (obr. 62).



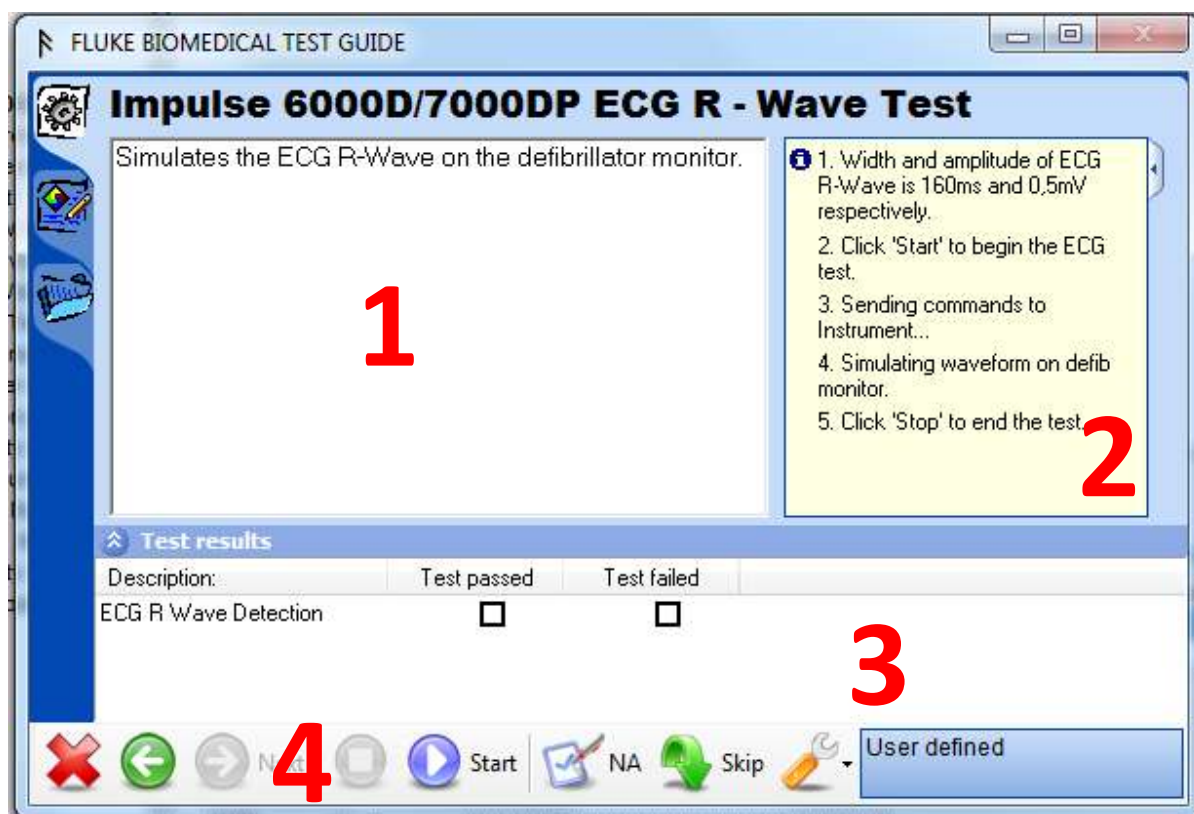
Obr. 61: Program Ansur – Custom setup

Tučným písmem v horní části se zobrazí název testu (nastavený v záložce General setup). Dále je okno rozděleno na tři části:

- 1 (levá horní) – objeví se zde text, který popisuje právě prováděný test (General Setup – Procedure)
- 2 (pravá horní) – obsahuje návod pro vykonání testu (přednastaveno)
- 3 (střední) – zde jsou uspořádané položky, které test obsahuje (ty, jenž jsou testovány)
- 4 (spodní) – je složena z příkazových tlačítek pro ovládání testu. Tlačítkem Start se zahájí připojení k analyzátoru a spuštění námi nastavené R vlny.

Kdybychom nevyužili přednastavených testů, nemohli bychom „dálkově“ spouštět testy z počítače, ale museli bychom nastavit test přímo na analyzátoru.

Tímto způsobem lze vytvořit námi požadovanou sekvenci rozmanitých testů, kterými můžeme ověřit funkční stav ekg přístroje. K prověření elektrické bezpečnosti podle příslušných norem je určen jiný typ přístroje ze stejné rodiny Fluke Esa 620.



Obr. 62: Testovací průvodce pro R – Wave Test

7. Testování elektrokardiografických přístrojů

Kontrola funkčnosti EKG proběhla ve Fakultní nemocnici v Ostravě. Z oddělení byly postupně zapůjčeny dva EKG přístroje: ESAOTE P 80 POWER a HPM1772A. Byl sestaven měřicí řetězec (obr. 65) a poté byly na testeru postupně voleny vybrané arytmie. Takto navolené arytmie byly přímo tištěny na termocitlivý papír v EKG přístroji. Následnou vizuální kontrolou byla vyhodnocena správná funkce elektrokardiografu. Ukázky výstupů testů pro jednotlivé zařízení jsou uvedeny v kapitole 7.3 Výstupy.

Testy byly provedeny na těchto přístrojích:

- ESAOTE P 80 POWER.
- HP M1772A.

7.1 Testování na přístroji ESAOTE P 80 POWER

- 12 - svodový elektrokardiograf,
- tisk na termocitlivý papír formátu A4 (skládaný, 250 listů),
- prosvětlený LCD displej 120 x 90 mm s vysokým rozlišením,
- veškeré funkce uživatelsky programovatelné (formát záznamu, formát tisku atd.),
- automatická kontrola EKG izolinie, eliminace svalového třesu, síťový filtr,
- detekce odpadlých elektrod,
- archivace EKG záznamů až 45 pacientů,
- tisk EKG záznamů z paměti přístroje,
- možnost připojení externí tiskárny přes sériový port,
- natočení až 300 EKG křivek při napájení z baterií.



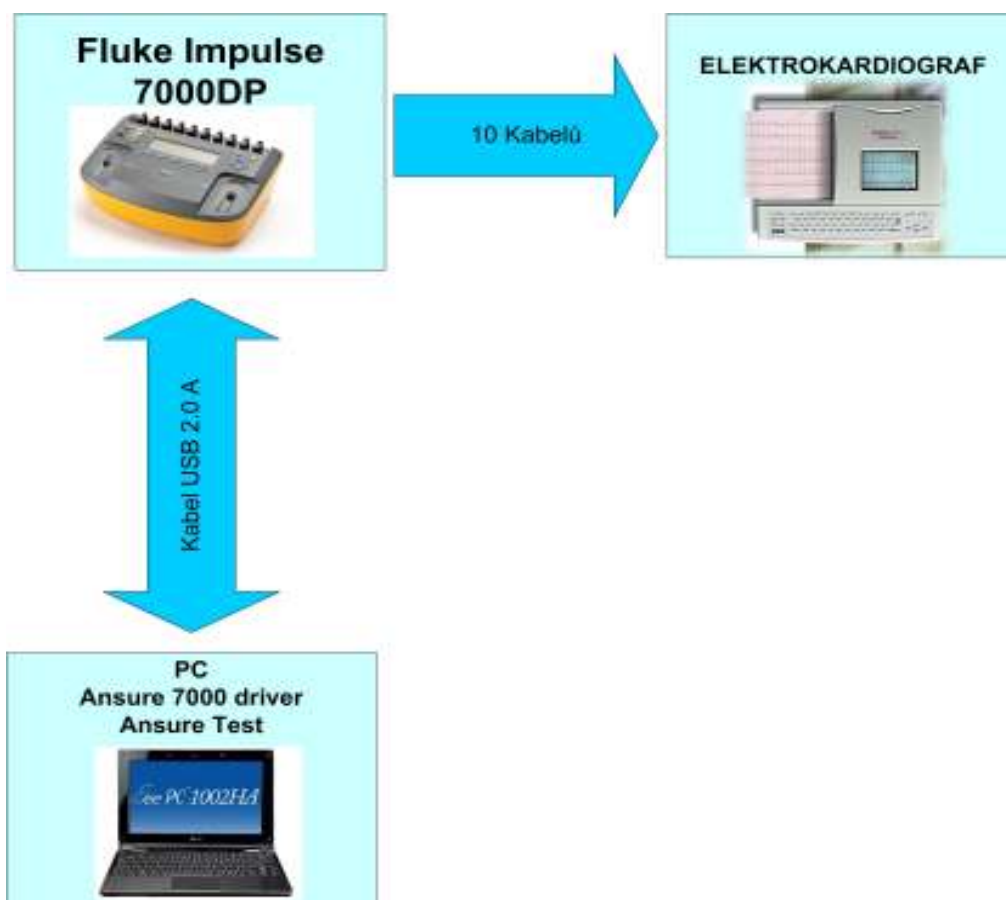
Obr. 63: Elektrokardiograf ESAOTE P80 POWER [7]

7.2 Testování na přístroji HP M1772A

- 12 svodové ekg.
- Plně alfanumerická klávesnice.
- Automatická kontrola přístroje při startu.
- Ochrana proti defibrilačním impulsům (400J).
- Možnost zapnutí/vypnutí filtru (šum).
- 2 MB flash paměť (vestavěná).
- Uložení až 30 ekg záznamů.
- 40 minut kontinuálního záznamu při provozu z baterie.



Obr. 64: Elektrokardiograf HP M1772A [16]

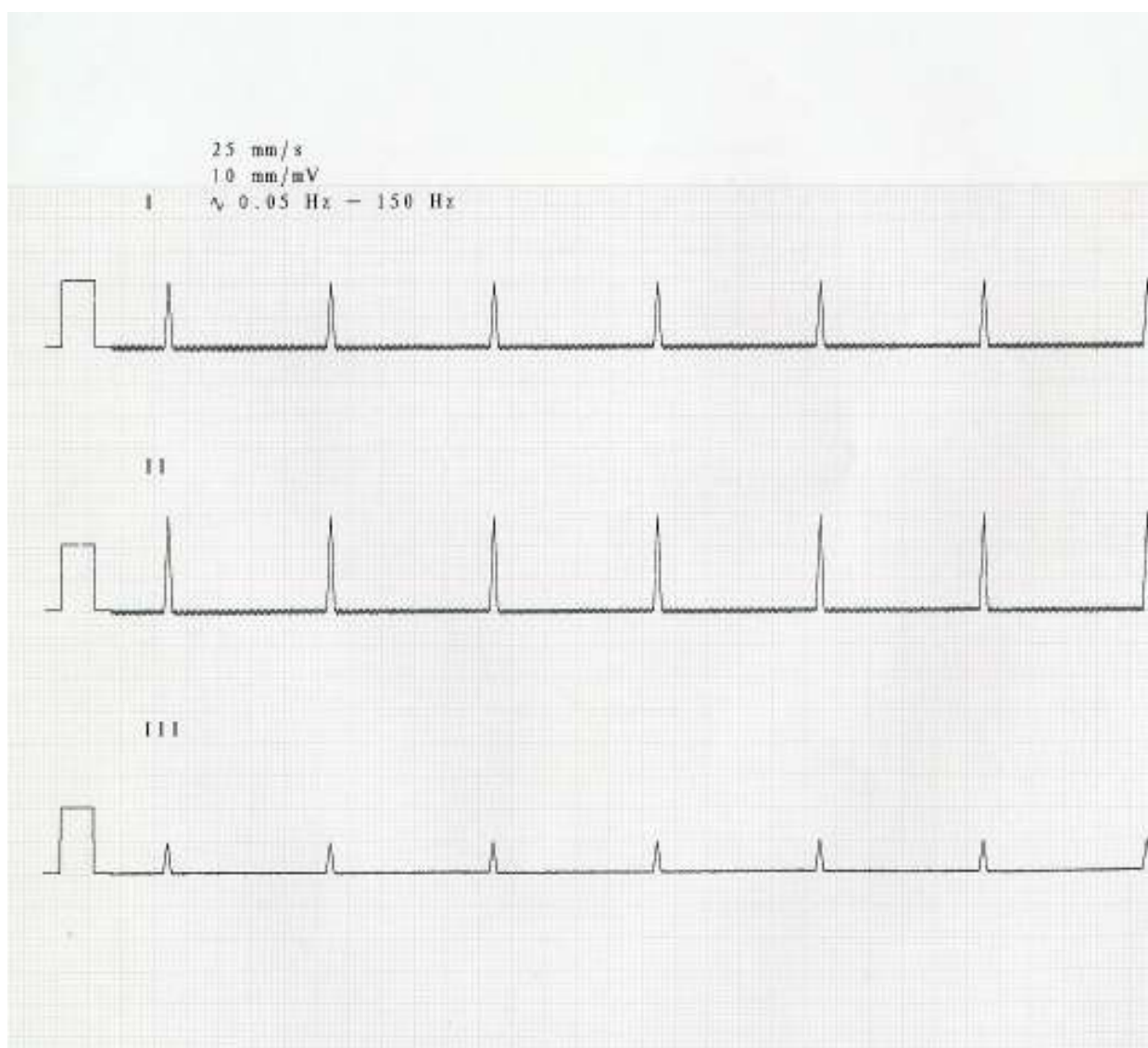


Obr. 65: Měřicí řetězec

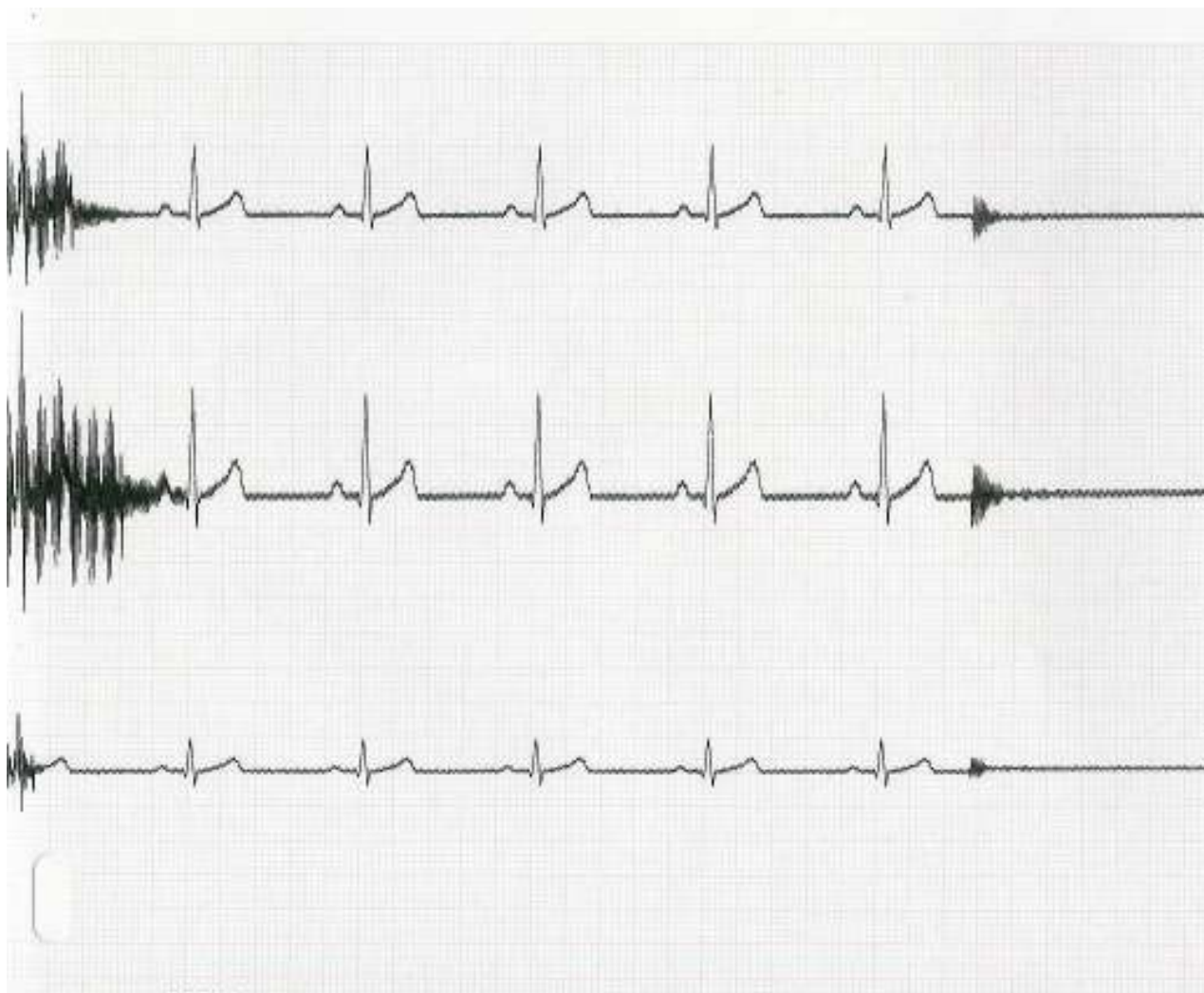
7.3 Výstupy

Následuje soubor testovacích procedur, které jsme získali provedením testů na elektrokardiogramech ESAOTE P 80 a HP M1772A. Oba přístroje prošly a jsou provozuschopné. Pouze v jednom případě došlo k neshodě a to u přístroje ESAOTE P80 POWER, který nebyl schopen zobrazit sinus 100 Hz. Tato zjištěná skutečnost nepředstavuje nikterak závažný problém, který by snižoval možnosti použití testovaného elektrokardiografu jako prostředku pro diagnózu srdeční aktivity pacienta. Výstupní protokoly provedených testů jsou uvedeny v příloze.

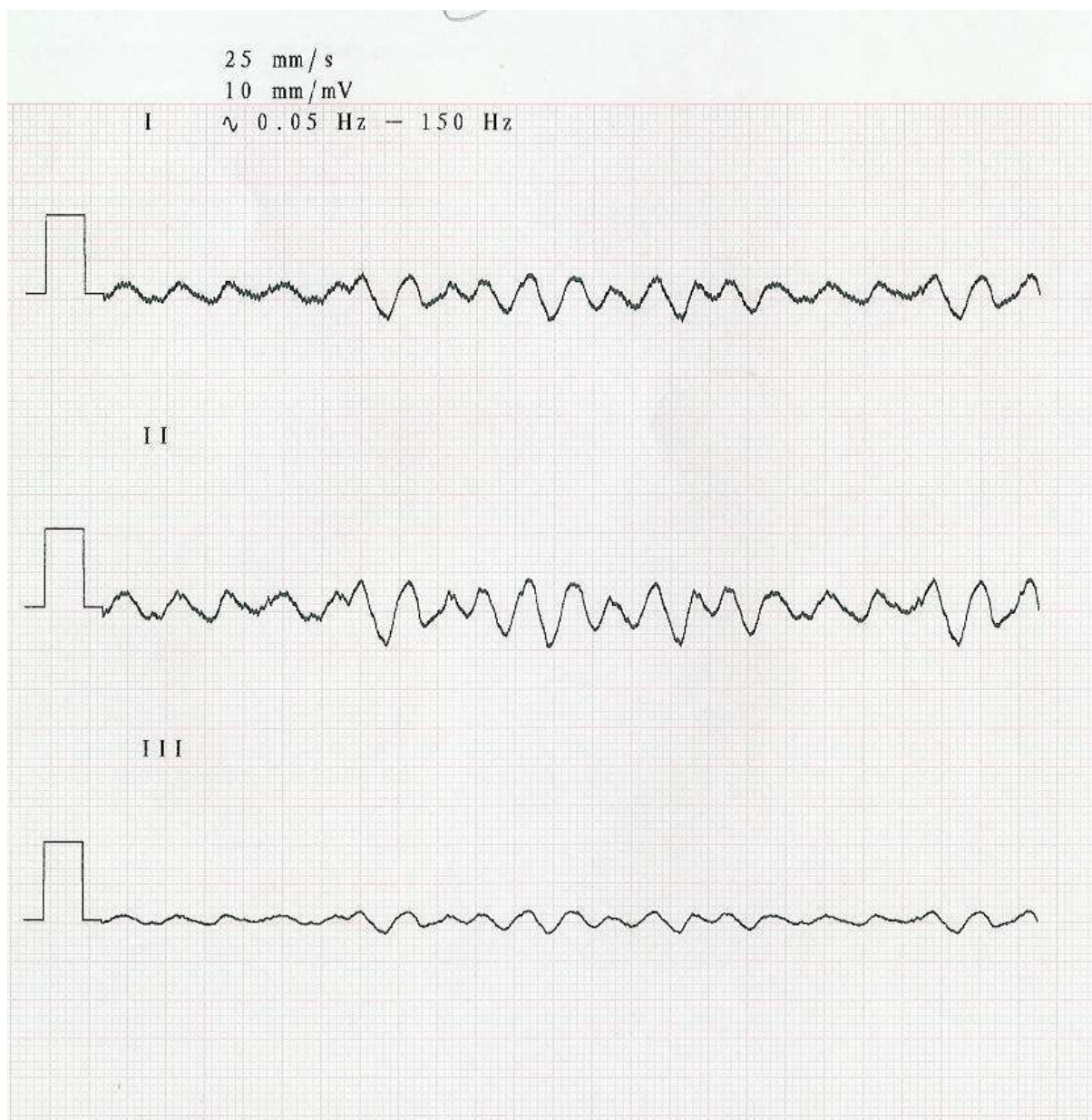
Na obrázcích 66 – 79 vidíme grafické ukázky z testování obou přístrojů. Elektrokardiograf ESAOTE P 80 POWER snímá a zobrazuje signály ze všech 12 svodů, na rozdíl od elektrokardiografu HP M1772A, který dokáže zobrazit signál pouze ze tří svodů.



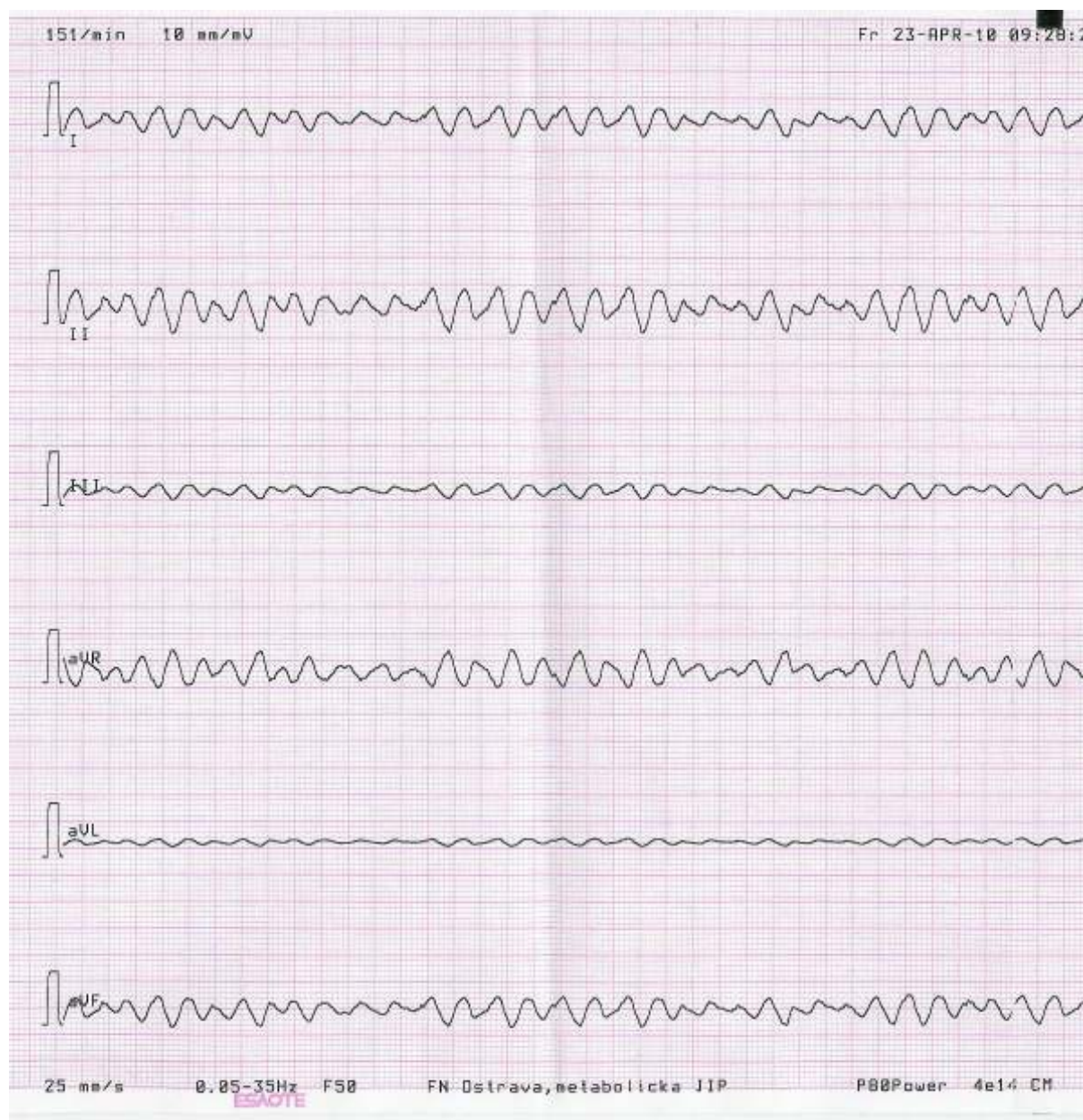
Obr. 66: HP – detekce R-vlny



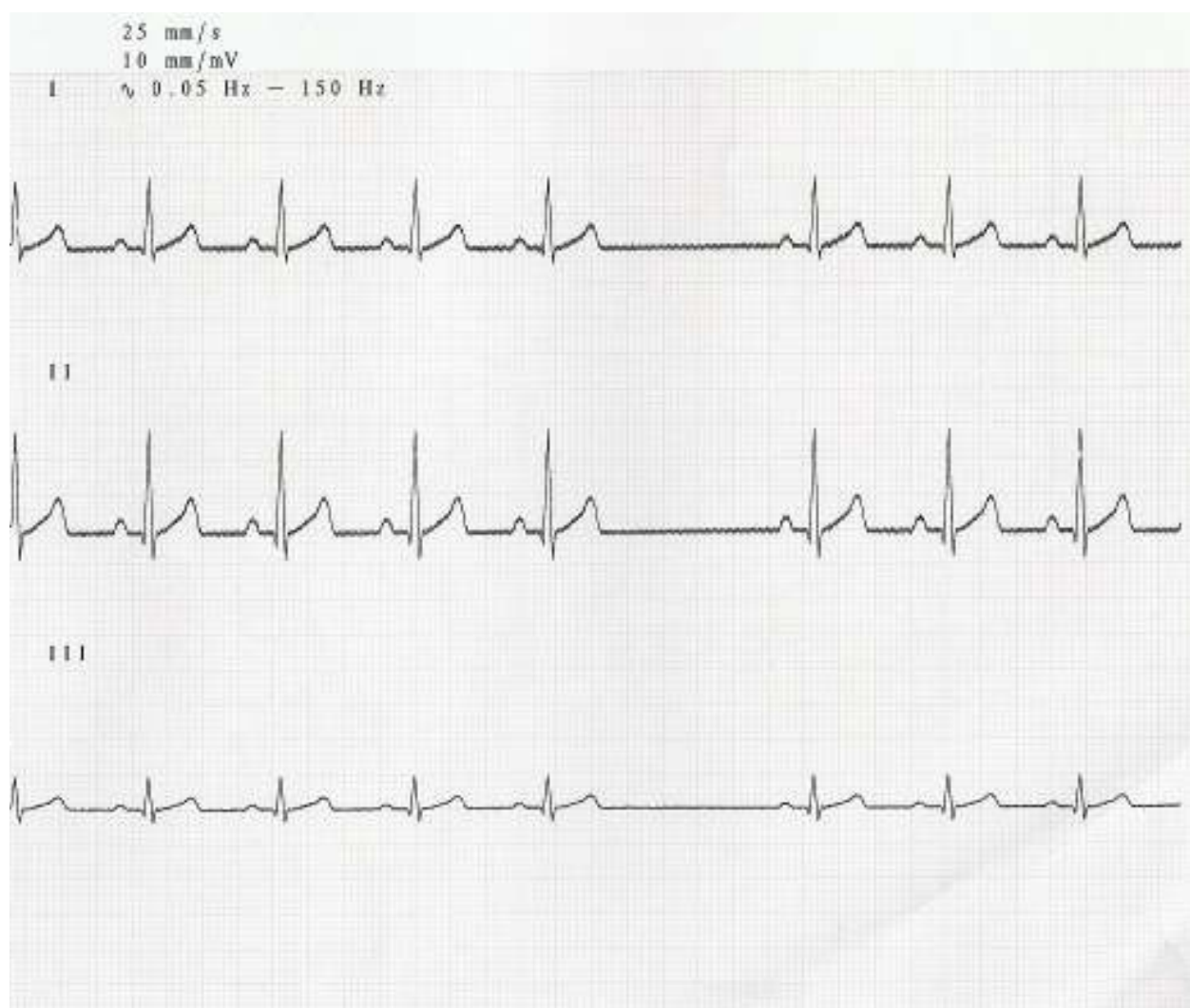
Obr. 67: HP – ekg s šumem, bez šumu a samotný šum



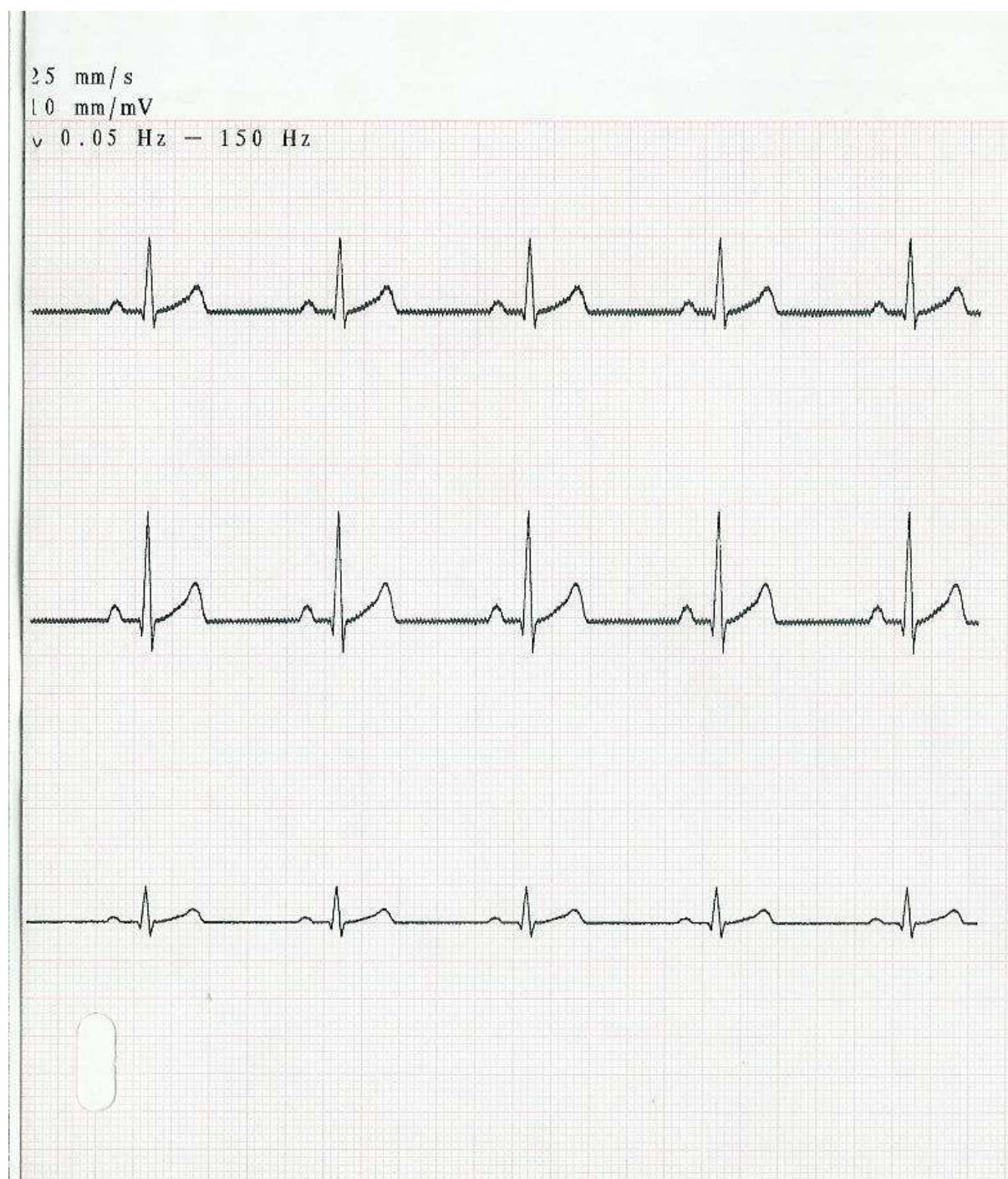
Obr. 68: HP – komorová fibrilace



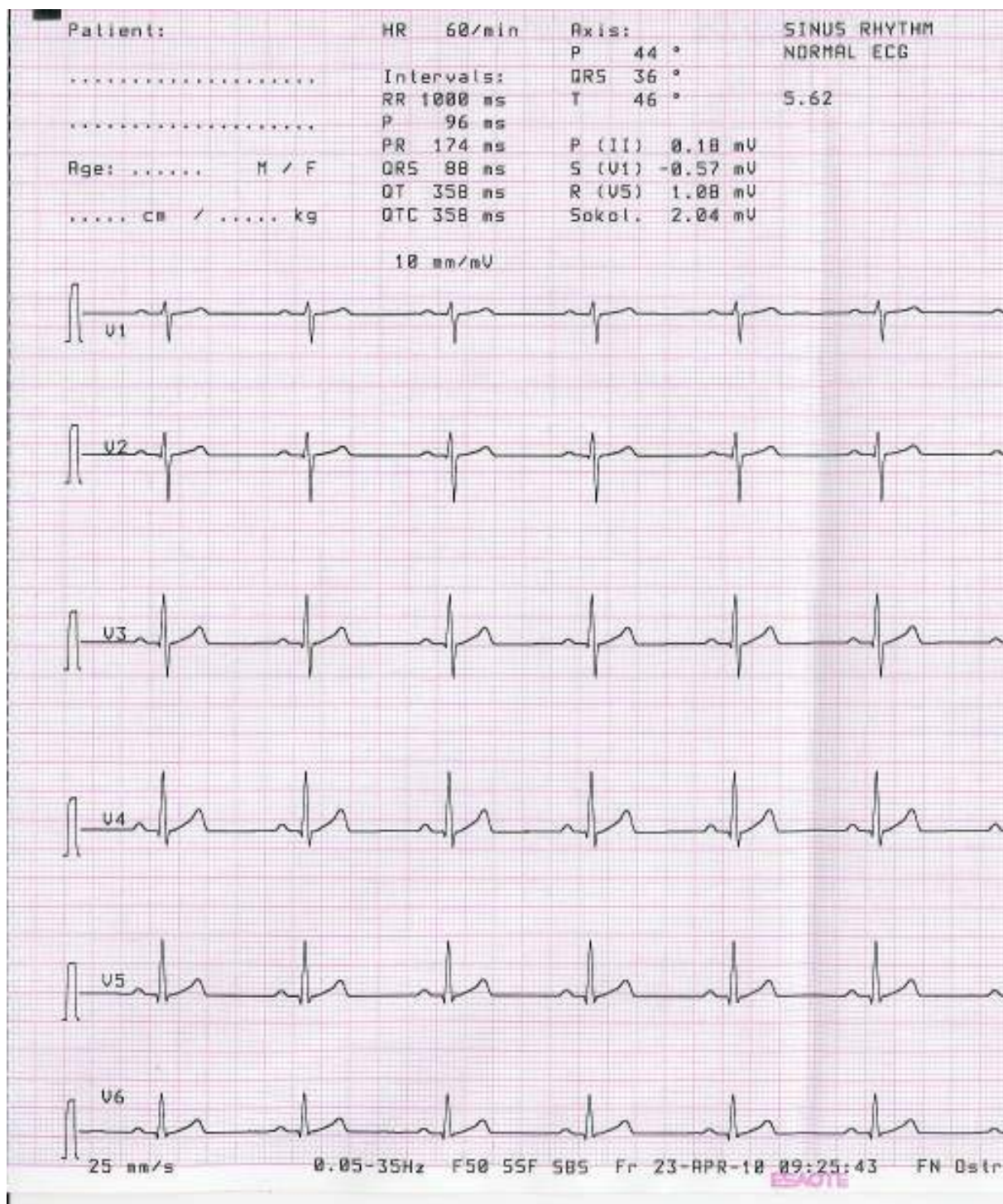
Obr. 69: P80 – komorová fibrilace



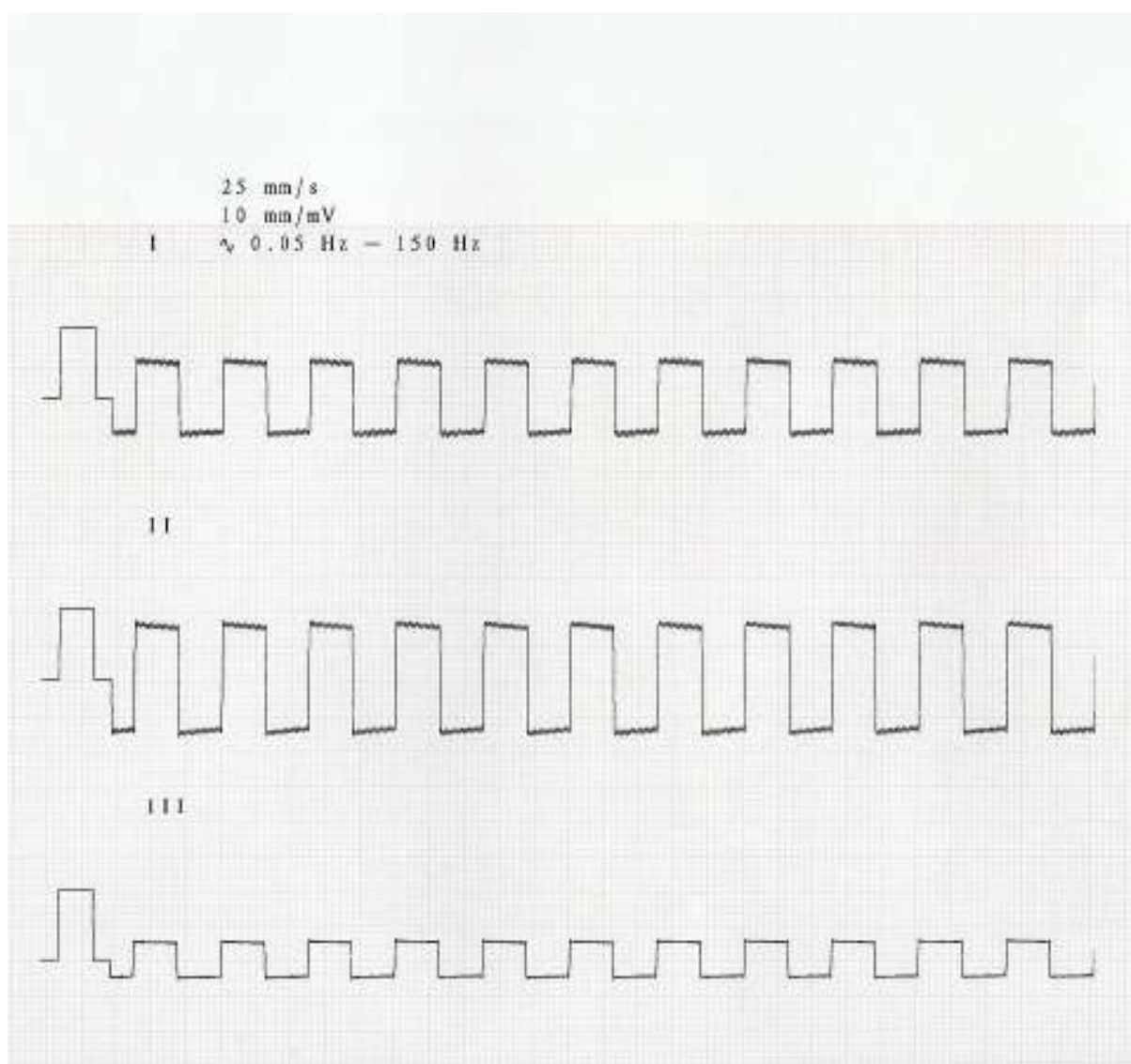
Obr. 70: HP – sinusová zástava



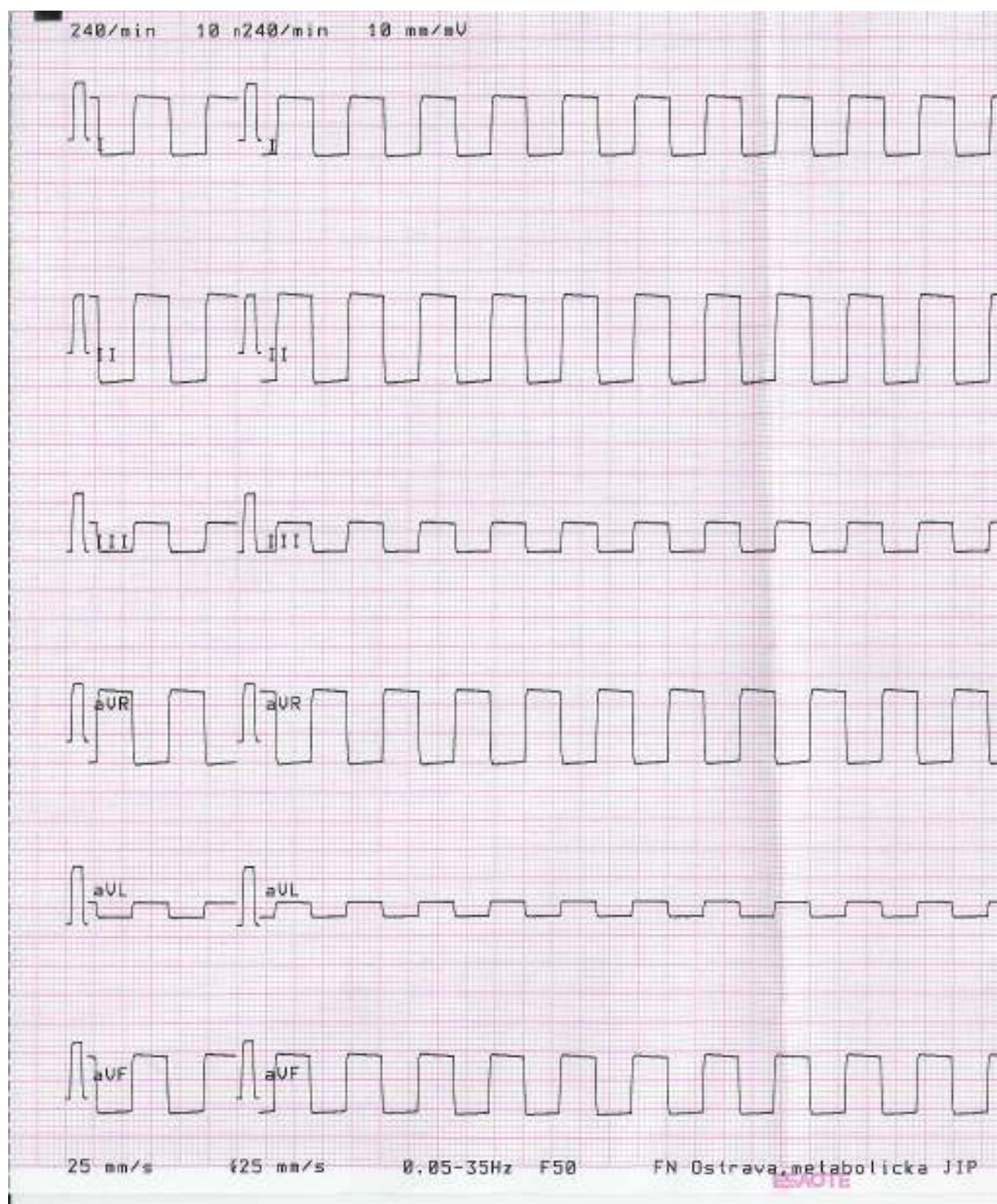
Obr. 71: HP – normální sinus



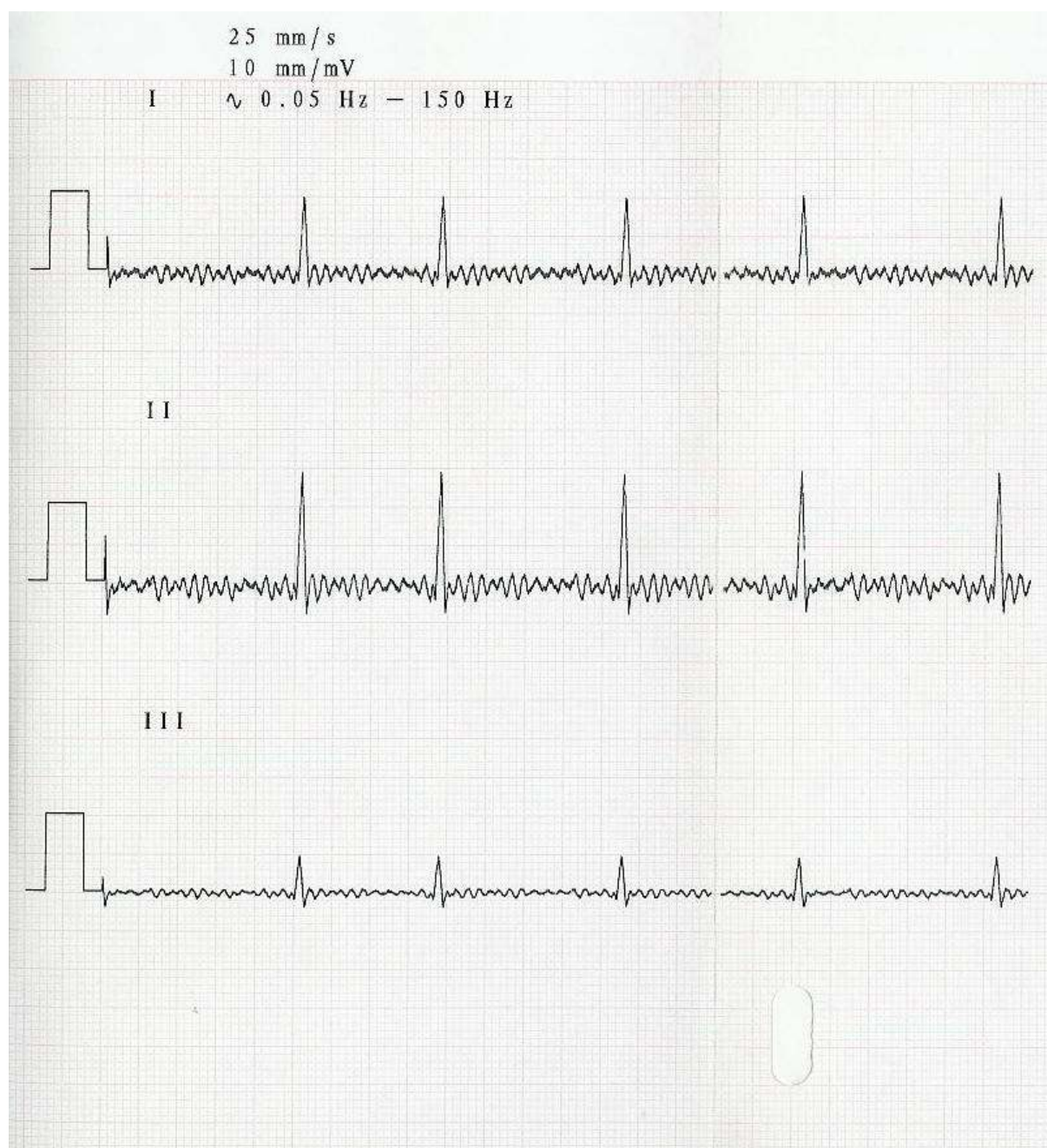
Obr. 72: P80 – normální sinus



Obr. 73: HP – obdélníkový rytmus



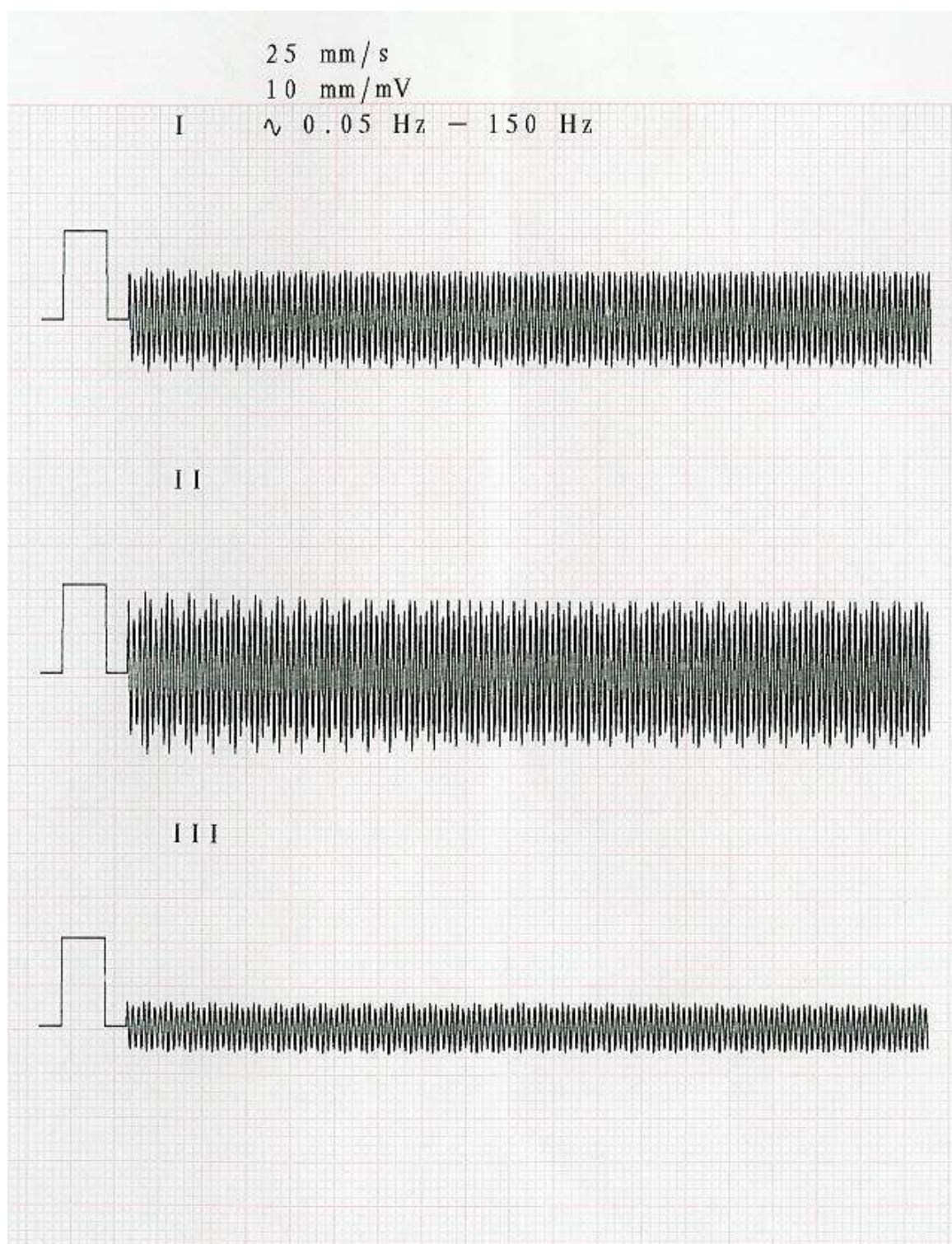
Obr. 74: P80 – obdélníkový rytmus



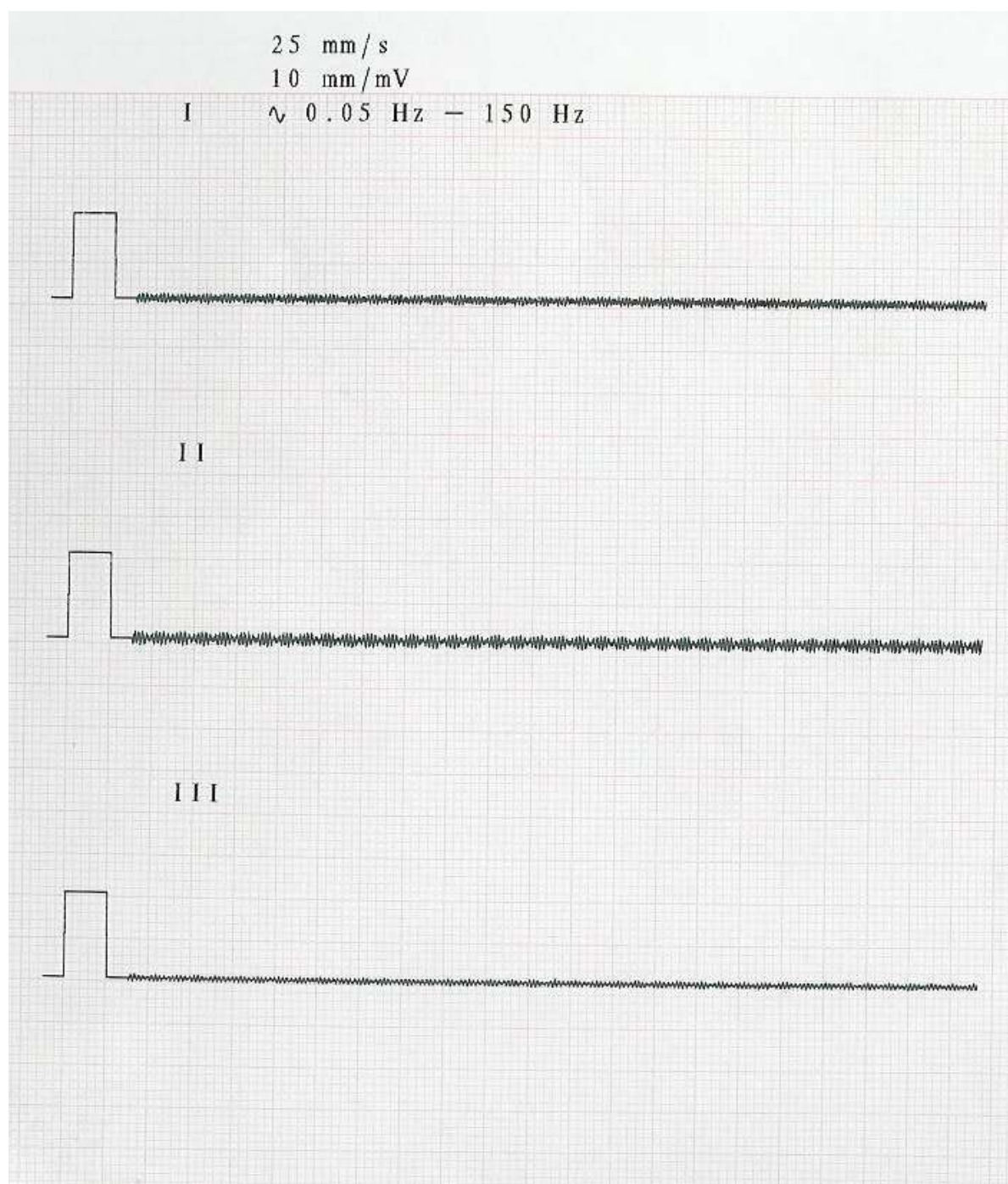
Obr. 75: HP – síňová fibrilace



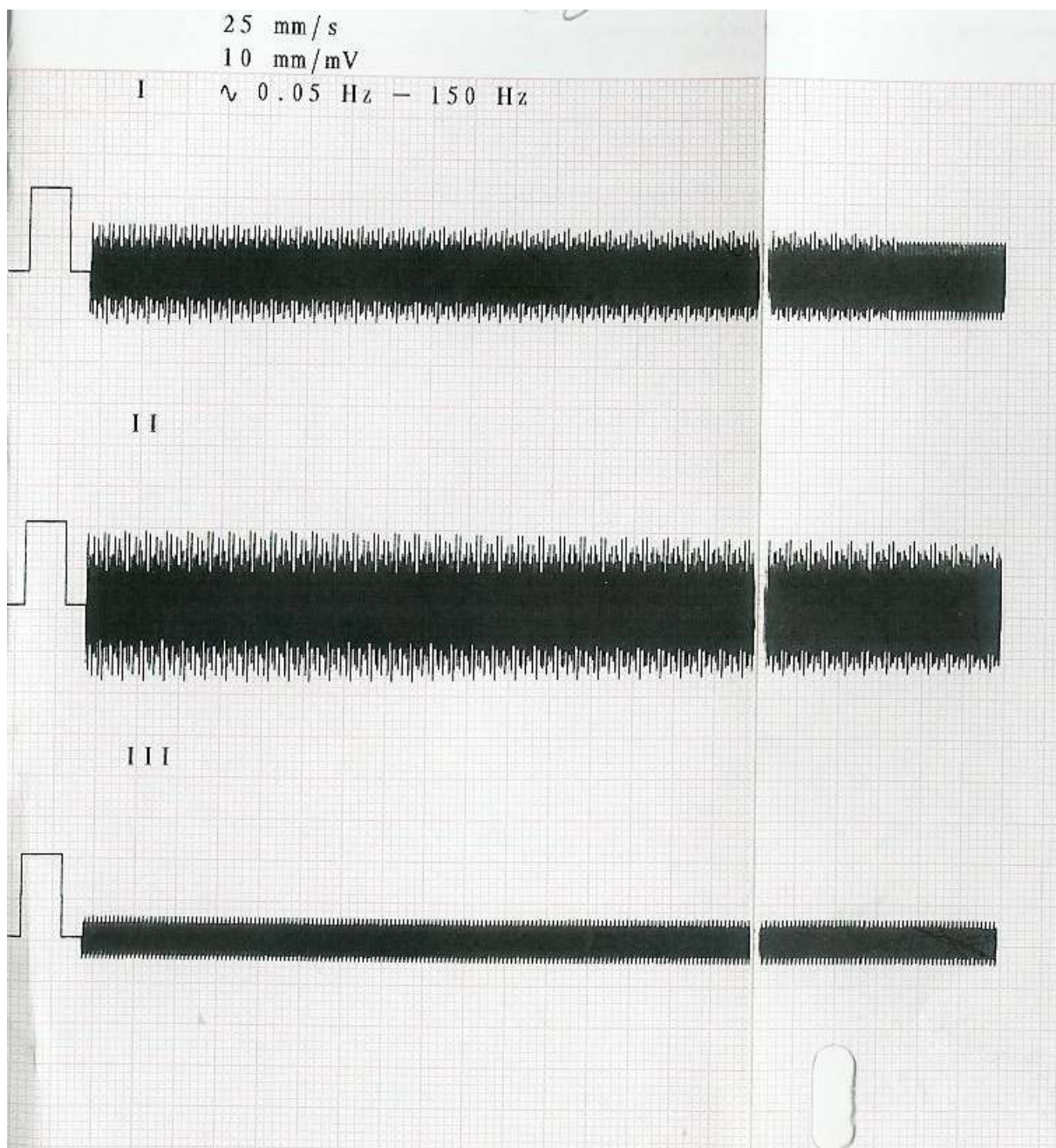
Obr. 76: P80 – síňová fibrilace



Obr. 77: HP – sinus 40 Hz



Obr. 78: HP – sinus 60 Hz



Obr. 79: HP – sinus 100 Hz

Na obrázcích můžeme vidět ukázky elektrokardiogramů z obou testovaných elektrokardiografických přístrojů. Všechny záznamy byly vytištěny na termocitlivý papír. V horní části záznamu jsou zobrazeny nastavení elektrokardiografu např. rychlost posuvu, citlivost a šířka pásma. Každý řádek zobrazující křivku odpovídá průběhu elektrické aktivity srdeční vždy jednoho svodu.

[7],[16],[8]

8. Závěr

Elektrokardiografické přístroje jsou jedním z nejdůležitějších diagnostických metod pro stanovení diagnózy člověka. Z tohoto pohledu je jejich testování důležité. Součástí této práce byla realizace a navržení testovacích postupů. Na to, aby člověk mohl bezpečně a přesně určit správnou funkčnost měřeného lékařského přístroje, potřebuje mít celkem rozsáhlé znalosti v oblasti diagnostiky a toho oboru, pro který je dané zařízení využíváno. Je-li například přístroj v perfektním stavu z hlediska elektrické bezpečnosti, není to ještě záruka toho, že funguje správně. Kontrola funkčnosti proto plní velmi důležitou úlohu z hlediska bezpečnosti přístroje pro pacienta.

V této práci jsem shrnula základní informace o vývoji a funkcích elektrokardiografů. Seznámila jsem čtenáře s různými typy přístrojů a jejich charakteristikami. Jemně byl rozebrán i elektrokardiogram, jehož znalost je při posuzování správné funkčnosti elektrokardiografu minimálně výhodou. Samotné elektrokardiografické testery jsou představeny ve třetí kapitole, ze které se dovíme o původu bezpečnostně technických kontrol a také, který zákon jejich provádění nařizuje. Jmenované jsou dva přístroje firmy Fluke Biomedical. Jedním z těchto přístrojů je Impulse 6000/7000DP, který byl použit pro praktickou část této práce. Jedná se o tester defibrilátorů a kardio monitorů.

První část měření probíhala v laboratoři, kde byl připojen elektrokardiograf na tester Impulse 6000/7000DP. Pomocí rozhraní bluetooth byly údaje z elektrokardiografu přeneseny do PC a zobrazovány pomocí příslušného programu. Tímto způsobem byly zaznamenány do osobního počítače různé testy, které Impulse 6000/7000DP umožňuje. Dále bylo nutné vytvořit v programu Ansur testy, které nám posloužily mimo jiné jako nástroj pro přehlednější a ucelenější postup. Vytvoření testu je podrobně rozebráno v kapitole šest. Tento program také dokáže posílat příkazy přímo testeru pomocí USB rozhraní, takže není nutné nastavovat každou testovanou položku zvlášť na testeru. Výhodou programu Ansur je, že si můžeme uložit testy na disk a vytisknout kdykoliv konečný výstupní protokol.

Druhá a poslední část byla uskutečněna ve fakultní nemocnici v Ostravě. Všechny testy byly provedeny s pomocí programu Ansur. Oba dva testované elektrokardiografy splnily zkoušku funkčnosti, až na elektrokardiograf P80 Power, jenž už nebyl schopen zpracovat a vytisknout sinusový signál o frekvenci 100Hz. Tyto výsledky jsou přínosné jak pro pacienty, tak i pro nemocnici a jsou uvedeny v příloze.

Pokračováním této práce by mohlo být například měření elektrokardiografů nebo jiných elektrických zařízení z hlediska elektrické bezpečnosti. Velmi dobře by k tomu posloužil druhý přístroj z rodiny Fluke Biomedical Esa 620.

Použitá literatura

- [1] Úvod do elektrokardiografie [online]
Dostupné z: <<http://mefanet.lfp.cuni.cz/clanky.php?aid=7>> poslední revize 2010-04-26 [cit. 2010-04-26]
- [2] cviceni_3_EKG_pozn.pdf, ČVUT, 2005, poslední revize 2005-10-19 [cit. 2010-04-26]
Dostupné z:
<http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/slides/cviceni_3_EKG_pozn.pdf>
- [3] EKG SE-12 [online]
Dostupné z: <<http://www.alwilmedical.com/index.php?txt=kardio>> poslední revize 2010-04-25 [cit. 2010-04-25]
- [4] EKG-531I [online]
Dostupné z: <<http://www.omniprax.cz/index.php?kc=SPC911.60.02-E>> poslední revize 2010-04-26 [cit. 2010-04-26]
- [5] Impulse 6000D/7000DP [online]
Dostupné z: <<http://www.flukebiomedical.com/Biomedical/usen/Biomedical-Test/Performance-Analyzers/Impulse-6000D-and-7000DP.htm?PID=56326>> poslední revize 2010-04-26 [cit. 2010-04-26]
- [6] Impulse 7000DP [online]
Dostupné z: <<http://www.blue-panther.cz/data/files/clanek-etm4-esa-620-novy-tester-bezpecnosti-zalomeny-60.pdf>> poslední revize 2010-04-26 [cit. 2010-04-26]
- [7] ESAOTE P 80 POWER [online]
Dostupné z: <<http://www.compek.cz/ekg-elca-p80-power.htm>> poslední revize 2010-04-26 [cit. 2010-04-26]
- [8] HP M1772A [online]
Dostupné z: <http://search-manual-online.com/html_view.php?title=Model%20M1770A/M1771A/M1772A%20PageWriter%20300pi/200/100%20Cardiographs%20&url=aHR0cDovL2Zvcml0ZXIyMDAtMzW50LmNvbS9QREYvcGRmZG9jcy9QaGlzaXBzLUhQL3BhZ2V3cm10ZXIyMDAtMzAwcGktZGF0YXNoZWV0LWVuLnBkZg==&keyword=hp-m1772a&ext=pdf> poslední revize 2010-04-26 [cit. 2010-04-26]
- [9] kr_06_04_05.pdf, J. Lipoldová, M. Novák, 2006-08-28, poslední revize 2008-12-18 [cit. 2010-04-26]
Dostupné z: <http://www.kardiologickarevue.cz/pdf/kr_06_04_05.pdf>
- [10] HAMPTON, J.R. EKG pro praxi. 1. vydání, Grada Publishing - Praha, 1997. ISBN 80-7169-426-6.

- [11] GREGOR, P. - WIDIMSKÝ, P. Kardiologie. 2. vydání, Galén - Praha, 1999. ISBN 80-7262-021-5.
- [12] ŠUMBERA, J.- ŠTEJFA, M. Elektrokardiografický atlas. 1. vydání, Praha, 1993. ISBN 80-04-26057-8.
- [13] Elektrokardiograf [online]
Dostupné z: <<http://www.kardiochirurgie.cz/ekg>>
poslední revize 2010-05-05[cit. 2010-05-05]
- [14] SVATOŠ, J. Biologické signály I. skriptum, 2. vydání, Praha, 1998.
- [15] EKG SE-12 [online]
Dostupné z: <<http://www.lhlsro.cz/elektrokardiografy.html>> poslední revize 2010-03-19
[cit. 2010-05-05]
- [16] HP 1772A [online]
Dostupné z: <http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-38746421-electrocardiografo-ecg-hp-pagewriter-100-_JM> poslední revize 2010-04-30 [cit. 2010-05-05]
- [17] Historie EKG [online]
Dostupné z: <<http://www.ecglibrary.com/ecghist.html>> poslední revize 2009-06-02 [cit. 2010-05-05]

Struktura přiloženého DVD

DVD obsahuje tyto soubory a složky:

- Bakalarka_final.doc.

Seznam příloh

Výstupní protokol HP M1772A.....	I
Výstupní protokol ESAOTE P 80 POWER	VIII

Fluke Biomedical ansur

Test and Inspection Procedure

Copyright © 1999 - 2005 Fluke Biomedical

Test record

TEST PASSED

Test performed

Date: 3.5.2010
 Record: Provedene testy.mtr
 Template: Testy.mtr

Ansur components used

ansur Version 2.7.1
 Plug-In: AVPI Version 2.4.6

Test setup

Selections

Service events performed

Standards performed

User defined

Device under test

Serial number
 Appliance code
 Group
 Status
 Manufacturer

Type HP
 Model M1772A
 Location OSTRAVA
 Address 1
 Address 2

Signatures

Test result

Test element	Test type	Fail
Míření rozsahu I <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru sinus 10 Hz <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření rozsahu II <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru sinus 40 Hz <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření rozsahu III <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru sinus 100 Hz <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií I <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV blokádu 1. stupně <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií II <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV blokádu 2. stupně typu I. <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií III <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV blokádu 3. stupně <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií IV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru blok levého Tavarova raménka <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií V <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru pravého Tavarova raménka <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií VI <i>Procedure:</i>		

Test element	Test type	Fail
Nastavte na testeru "Non-capture" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií VII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV - sequential. <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií VIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "On demand - s náhodilým sinusovým pulsem" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií IX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "on demand - s pravidelným sinusovým pulsem" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií X <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Asynchronní" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "síňová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "non - function" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "paroxysmální síňová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "bez tepu" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dig zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XV <i>Procedure:</i>		

Test element	Test type	Fail
Nastavte na testeru "uzlový rytmus" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass		
Měření arytmii XVI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "sinusová arytmie" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XVII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "sinový flutter" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XVIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "síňová fibrilace" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XIX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "supraventrikulární tachykardie" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce pravé komory" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XXI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce levé komory" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XXII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná uzlová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XXIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná síňová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavená křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně. <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Měření arytmii XXIV <i>Procedure:</i>	Check list	

Test element	Test type	Fail
Nastavte na testeru "multifokální předčasná komorová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass		
Míšení arytmií XXV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce pravé komory 2 R na T" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXVI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce pravé komory 2 na začátku" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXVII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "pravá komora" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXVIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce levé komory 1 R na T" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXIX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Asystolie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "komorová fibrilace hrubá" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXXI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "komorová fibrilace čistá" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXXII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "polymorfní komorová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dig zobrazila a vyhodnotila správně <i>Recorded value:</i> Pass	Check list	
Míšení arytmií XXXIII <i>Procedure:</i>	Check list	

Test element	Test type	Fail
Nastavte na testeru "monomorfní komorová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Běh předčasné komorové kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Bigeminy" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXVI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Trigeminy" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXVII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "multifokální frekvence" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXVIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná komorová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXIX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě (60 Hz) - ekg vypnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XL <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě 60 Hz - ekg zapnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XLI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě 50 Hz - ekg vypnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazilo a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XLII <i>Procedure:</i>		

Test element	Test type	Fail
Nastavte na testeru "Rušení sítě 50 Hz - ekv zapnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekv zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XLIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Detekce R vlny (60 BPM)" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekv zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XLIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Detekce R vlny (200 BPM)" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekv zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	

Fluke Biomedical ansur

Test and Inspection Procedure

Copyright © 1999 - 2005 Fluke Biomedical

Test record

TEST FAILED

Test performed		Ansuri components used	
Date:	25.4.2010	ansur	Version 2.7.1
Record:	Provedene testy.mtr	Plug-In: AVPI	Version 2.4.6
Template:	Testy.mtr		

Test setup

Selections

Service events performed	Standards performed
	User defined

Device under test

Serial number	22123	Type	ESAOATE
Appliance code		Model	P80 POWER
Group		Location	OSTRAVA
Status		Address 1	
Manufacturer		Address 2	

Signatures

Test result

Test element	Test type	Fail
Informace o testovaném přístroji <i>Result:</i> Název přístroje Typ přístroje Sériové číslo	<i>General List</i> <i>Recorded value</i> ESAQATE EKG P80 POWER 22123	
Měření rozsahu I <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru sinus 10 Hz <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření rozsahu II <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru sinus 40 Hz <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření rozsahu III <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru sinus 100 Hz <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Fail	◆
Měření arytmií I <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV blokádu 1. stupně <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií II <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV blokádu 2. stupně typu I. <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií III <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV blokádu 3. stupně <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií IV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru blok levého Tavarova raménka. <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií V <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru pravého Tavarova raménka	<i>Check list</i>	

Serial number: 22123
 Date: 25.4.2010

Test element	Test type	Fail
<i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií VI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Non-capture" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií VII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru AV - sequential. <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií VIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "On demand - s náhodilým sinusovým pulsem" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií IX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "on demand - s pravidelným sinusovým pulsem" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií X <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Asynchronní" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "síňová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "non - function" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "paroxysmální síňová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení karta se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Míření arytmií XIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "bez tepu"		

Test element	Test type	Fail
<i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "uzlový rytmus" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XVI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "sinusová arytmie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XVII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "sinový flutter" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XVIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "síňová fibrilace" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XIX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "supraventrikulární tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce pravé komory" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce levé komory" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná uzlová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná síňová kontrakce"		

Test element	Test type	Fail
<i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "multifokální předčasná komorová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce pravé komory 2 R na T" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXVI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce pravé komory 2 na začátku" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXVII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "pravá komora" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXVIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná kontrakce levé komory 1 R na T" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Asystolie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "komorová fibrilace hrubá" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "komorová fibrilace čistá" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na dkg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Mísení arytmií XXXIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "polymorfni komorová tachykardie"	<i>Check list</i>	

Test element	Test type	Fail
<i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "monomorfní komorová tachykardie" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Běh předčasné komorové kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Bigeminy" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXVI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Trigeminy" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXVII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "multifokální frekvence" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXVIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "předčasná komorová kontrakce" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XXXIX <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě (60 Hz) - ekg vypnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XL <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě 60 Hz - ekg zapnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XLI <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě 50 Hz - ekg vypnuto"		

Test element	Test type	Fail
<i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XLII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "rušení sítě 50 Hz - ekg zapnuto" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XLIII <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Detekce R vlny (60 BPM)" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	
Měření arytmií XLIV <i>Procedure:</i> Nastavte na testeru "Detekce R vlny (200 BPM)" <i>Result:</i> Nastavení křivka se na ekg zobrazila a vyhodnotila správně.	<i>Check list</i> <i>Recorded value</i> Pass	